

**PREPARASI NANOMATERIAL KARBON MENGGUNAKAN
METODE *LIQUID MECHANICAL EXFOLIATION* DIBANTU OLEH
LINEAR ALKYL BENZENE SULFONATE DENGAN VARIASI WAKTU
PENCAMPURAN**

SKRIPSI

Diajukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta
untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains

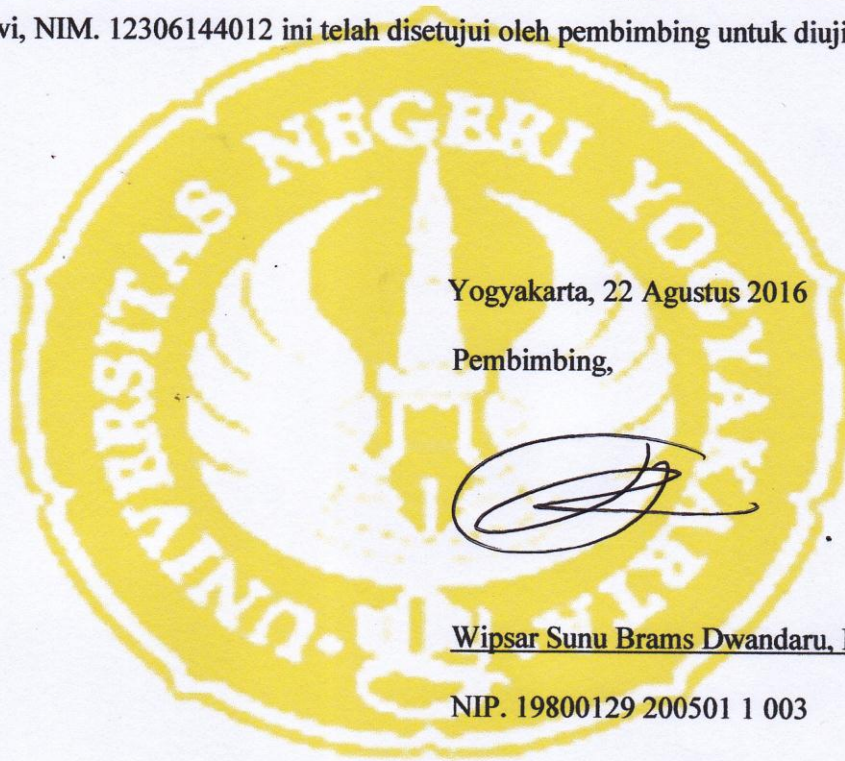


Disusun oleh
PHATMA DHIAN PRATIWI
12306144012

**PROGRAM STUDI FISIKA
JURUSAN PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2016**

PERSETUJUAN

Skripsi yang berjudul “Preparasi Nanomaterial Karbon Menggunakan Metode *Liquid Mechanical Exfoliation* dibantu oleh *Linear Alkylbenzene Sulfonate* dengan Variasi Waktu Pencampuran” yang disusun Phatma Dhian Pratiwi, NIM. 12306144012 ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.



Yogyakarta, 22 Agustus 2016

Pembimbing,

Wipsar Sunu Brams Dwandaru, Ph. D.

NIP. 19800129 200501 1 003

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “Preparasi Nanomaterial Karbon Menggunakan Metode *Liquid Mechanical Exfoliation* dibantu oleh *Linear Alkylbenzene Sulfonate* dengan Variasi Waktu Pencampuran” yang disusun oleh Phatma Dhian Pratiwi, NIM. 12306144012 ini telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada tanggal 30 Agustus 2016 dan dinyatakan lulus.

DEWAN PENGUJI

No	Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
1	<u>W. S. Brams Dwandaru, Ph.D</u> NIP. 198001292005011003	Ketua Penguji		10-10-2016
2.	<u>Laila Katriani, S.Si, M.Si</u> NIP. 198504152012122001	Sekretaris Penguji		27-09-2016
3.	<u>Dr. Ariswan</u> NIP. 19590914198803103	Penguji Utama		19-09-2016
4.	<u>Drs. Sumarna, M.Si, M.Eng</u> NIP. 196103081991011001	Penguji Pendamping		20-09-2016

Yogyakarta, 30 Oktober 2016
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta
Dekan



Dr. Hartono
NIP. 19620329 198702 1 002

PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Phatma Dhian Pratiwi

NIM : 12306144012

Program Studi : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Judul Skripsi : Preparasi Nanomaterial Karbon Menggunakan Metode *Liquid Mechanical Exfoliation* dibantu oleh *Linear Alkylbenzene Sulfonate* dengan Variasi Waktu Pencampuran.

Menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar hasil karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim.

Yogyakarta, 30 Agustus 2016

Yang menyatakan,



Phatma Dhian Pratiwi
NIM. 12306144012

Motto

"Tuhanmu tiada meninggalkan kamu dan tiada (pula) benci kepadamu.
Dan sesungguhnya akhir itu lebih baik bagimu dari permulaan"
(Q.S. Adh-dhuhaa :3-4)

"Sesungguhnya Allah tidak mengubah keadaan suatu kaum, sehingga
mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri"
(Q.S Ar Ra'd : 11)

"Untuk mendapatkan kesuksesan dan keberanian kita harus menghapus
rasa ketakutan kita"

"Man jadda wa jadda"

Karya ini ku persembahkan kepada :

- 1. Bapak dan Ibu yang tak pernah lelah memanjatkan do'a demi kesuksesanku, memberiku dukungan, kasih dan sayang yang luar biasa.*
- 2. Kakek, Nenek, dan keluarga besar yang selalu memberi doa, semangat, perhatian dan kasih sayangnya.*
- 3. Dionysius Adven Eko Nugroho yang tak pernah lelah memotivasi, menjadi penyemangat dan memberi saran setiap harinya.*
- 4. Sahabat-sahabat ku : Laila, Fatya, Lala, Tyas (Jepo), Muqtaf yang selalu mendukung dan memotivasiku untuk terus maju untuk menyelesaikan TAS.*
- 5. Teman-teman Fisika E 12 kalian sahabat yang memberi cerita baru dalam hidupku.*

Preparasi Nanomaterial Karbon Menggunakan Metode *Liquid Mechanical Exfoliation* dibantu oleh *Linear Alkylbenzene Sulfonate* dengan Variasi Waktu Pencampuran Bahan

Oleh:

Phatma Dhian Pratiwi
12306144012

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan (1) mengetahui besarnya Energi *Gap* pada hasil karakterisasi UV-Vis dengan variasi waktu (10 menit, 20 menit, dan 30 menit) pencampuran bahan antara LAS, air, dan *graphite* dari pensil 2B serta pencampuran bahan antara air dan *graphite* dari pensil 2B menggunakan metode LME (2) mengetahui struktur kristal dan parameter kisi pada hasil karakterisasi XRD dengan variasi waktu (10 menit, 20 menit, dan 30 menit) pencampuran bahan antara LAS, air, dan *graphite* dari pensil 2B serta pencampuran bahan antara air dan *graphite* dari pensil 2B menggunakan metode LME dan (3) mengetahui morfologi permukaan dan hasil komposisi kimia pada hasil karakterisasi SEM dan EDAX dengan variasi waktu (20 menit) pencampuran bahan antara LAS, air, dan *graphite* dari pensil 2B menggunakan metode LME.

Sintesis *graphene* dengan LAS dan sintesis *graphene* tanpa LAS menggunakan metode LME. Variasi waktu pencampuran bahan yang digunakan adalah 10 menit, 20 menit, dan 30 menit dengan frekuensi blender tetap yaitu 36.89 Hz. Selanjutnya, dilakukan sentrifugasi dengan kecepatan 3000 rpm selama 20 menit sebanyak 12 kali. Karakterisasi yang dilakukan adalah karakterisasi menggunakan UV-Vis, XRD, SEM dan EDAX.

Hasil penelitian dari karakterisasi spektrofotometer UV-Vis dengan variasi waktu pencampuran, menunjukkan bahwa semakin besar panjang gelombang, E_g yang dihasilkan semakin kecil. Hal ini sesuai dengan teori bahwa panjang gelombang berbanding terbalik dengan E_g . Pada karakterisasi XRD terhadap variasi waktu pencampuran muncul *peak* pada hasil difaktogram sinar-X. Munculnya *peak* menunjukkan bahwa *graphene* yang dihasilkan adalah kristal. Dan diketahui struktur kristal dari material tersebut adalah heksagonal dengan parameter kisi $a = 0,235686$ nm dan $c = 0,370314$ nm. Hasil dari karakterisasi SEM dengan variasi waktu pencampuran 20 menit, diketahui morfologi dari sampel menghasilkan *graphene* berbentuk *flakes*, menyebar, dan bertumpuk - tumpuk, dengan ukuran (1.292 – 3.467) μm serta karakterisasi menggunakan EDAX menunjukkan presentase kandungan karbon sebesar 77.68% dan oksigen sebesar 17.27%.

Kata Kunci: Nanomaterial, *graphene*, *graphite*, *liquid mechanical exfoliation*, *linear alkylbenzene sulfonate*, waktu pencampuran bahan.

**PREPARATION NANOMATERIAL CARBON USING
THE LIQUID MECHANICAL EXFOLIATION BY LINEAR
ALKYLBENZENE SULFONATE WITH
VARIATION TIME OF MIXING INGREDIENTS**

By:

Phatma Dhian Pratiwi

12306144012

ABSTRACT

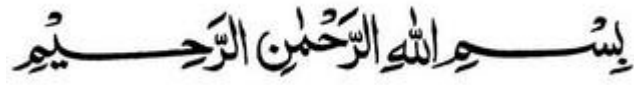
The objectives of the research are 1) know the Energy Gap's outcome of UV-Vis characterization from mixing material between LAS, water, and graphite from 2B pencil along with mixing between water and graphite from 2B pencil using the LME method in some variation of time (10 minutes, 20 minutes, and 30 minutes), 2) know the crystal structure and the lattice parameters of XRD characterizing outcome from mixing material between of LAS, water, and graphite from 2B pencil along with mixing between water and graphite from 2B pencil with LME method in several variation of time (10 minutes, 20 minutes, and 30 minutes), and 3) know the surface morphology and result of chemical composition characterization outcome of SEM and EDAX from mixing between LAS, water, and graphite from 2B pencil using LME method on variation of time (20 minutes).

The synthesis of graphene with LAS and the synthesis of graphene without LAS uses the LME method. Variation of mixing time materials are 10 minutes, 20 minutes, and 30 minutes with the frequency of blender is 36,89 Hz. Next, centrifugation at the speed of 3000 rpm for 20 minutes as many as 12 times. The characterization that used is UV-Vis, XRD, SEM, and EDAX characterization.

The result of UV-Vis cauterization research in variation of mixing time, show that in the bigger wavelength, E_g that produced is less. This is accordance with the theory that wavelengths inversely to E_g . In XRD characterization to variation mixing time appear the peak from the result of x-rays difaktogram. This peak shown the graphene that produced was crystal. And the crystal structure is hexagonal with lattice parameter $a = 0,235686$ nm and $c = 0,370314$ nm. The result of SEM characterization in variation of mixing time 20 minutes, shown that graphene that was flakes form, reams, and speard whit size (1.292 -3.467) μm , and the EDAX characterization shown the percentage of any carbon content is 77.68% and oxygen 17.27%.

Keyword: *nanomaterial, graphene, graphite, liquid mechanical exfoliation, linear alkybenzene sulfonate, mixing time variation.*

KATA PENGANTAR



Segala puji dan syukur senantiasa penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir skripsi yang berjudul, **“Preparasi Nanomaterial Karbon Menggunakan Metode *Liquid Mechanical Exfoliation* dibantu oleh *Linear Alkylbenzene Sulfonate* dengan Variasi Waktu Pencampuran Bahan”** dengan segala kekuatan, kemudahan, kelancaran dan barokah. Adapun skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains di program studi Fisika, Jurusan Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak mendapat bantuan, pengarahan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Hartono, selaku Dekan FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta atas pemberian fasilitas dan bantuannya untuk memperlancar administrasi tugas akhir.
2. Yusman Wiyatmo, M.Si., selaku Ketua Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan izin dalam pelaksanaan penelitian skripsi ini.

3. Nur Kadarisman, M.Si., selaku Ketua Program Studi Fisika Universitas Negeri Yogyakarta, yang telah memberikan izin dalam pelaksanaan skripsi ini.
4. Wipsar Sunu Brams Dwandaru, Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan pengarahan serta memotivasi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
5. Drs. Joko Sudomo, MA., selaku Penasehat Akademik atas arahan yang diberikan.
6. Semua Dosen Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNY yang telah memberikan pengajaran dan ilmu yang bermanfaat.

Penulis menyadari dalam penyusunan naskah skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharap saran dan kritik yang bersifat membangun dari semua pihak untuk penyempurnaan lebih lanjut. Semoga naskah skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya, dan dapat berguna bagi pembaca pada umumnya.

Yogyakarta, 30 Agustus 2016

Penulis,



Phatma Dhian Pratiwi

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Batasan Masalah	3
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	6

BAB II KAJIAN PUSTAKA

A. <i>Graphene</i>	7
B. Sintesis Material <i>Graphene</i>	9
C. Liquid Mechanical Exfoliation (LME)	11
D. Surfaktan	12
E. Blender	15
F. Sentrifugasi	16
G. Spektrofotometer UV-Vis	18
H. <i>X-ray Diffraction</i> (XRD)	23
I. <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	27
J. <i>Energy Dispersive Analysis X-Ray</i> (EDAX)	29
K. Kerangka Berpikir	31

BAB III METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian	33
B. Variabel Penelitian	33
1. Variabel Bebas	33
2. Variabel Terikat	34
3. Variabel Kontrol	34
C. Jenis Penelitian	34
D. Alat dan Bahan	35
1. Alat	35
2. Bahan	36

E. Langkah Kerja	36
1. Preparasi nanomaterial karbon dengan LAS menggunakan metode LME	36
2. Pembuatan sampel larutan LAS	37
3. Preparasi nanomaterial karbon tanpa LAS menggunakan metode LME	37
4. Pembuatan sampel untuk karakterisasi SEM	38
5. Pengujian spektrofotometer UV-Vis	38
6. Pengujian XRD	39
7. Pengujian SEM dan EDAX.....	39
F. Diagram Alir Penelitian	40
 BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Sintesis <i>Graphene</i> Menggunakan Metode LME	41
B. Hasil Karakterisasi UV-Vis	42
C. Hasil Karakterisasi XRD	49
D. Hasil Karakterisasi SEM	55
E. Hasil Karakterisasi EDAX	56
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	59
B. Saran	60
 DAFTAR PUSTAKA	 61
 LAMPIRAN	 64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur <i>graphene</i>	7
Gambar 2. Sifat elastis <i>graphene</i>	9
Gambar 3. Struktur molekul surfaktan	12
Gambar 4. Struktur LAS	14
Gambar 5. Pisau Blender	16
Gambar 6. Gelombang transversal	19
Gambar 7. Instrumen spektrofotometer UV- Vis	21
Gambar 8. Proses penyerapan cahaya oleh zat dalam sampel	22
Gambar 9. Spektrum absorpsi UV-Vis dengan metode LE	23
Gambar 10. Difraksi Sinar-X	24
Gambar 11. Kisi-kisi kristal dan difraksi sinar-X	25
Gambar 12. Skema susunan SEM	28
Gambar 13. Hamburan dari elektron yang jatuh pada lembaran tipis	30
Gambar 14. Diagram alir tahap penelitian	40
Gambar 15. Larutan <i>Graphene</i> dengan variasi waktu pencampuran bahan	41
Gambar 16. Spektrum absorbansi <i>graphene</i> menggunakan LAS dengan variasi waktu 10 menit	43
Gambar 17. Spektrum absorbansi <i>graphene</i> tanpa LAS dengan variasi waktu 10 menit	43

Gambar 18. Spektrum absorbansi <i>graphene</i> menggunakan LAS dengan variasi waktu 20 menit	44
Gambar 19. Spektrum absorbansi <i>graphene</i> tanpa LAS dengan variasi waktu 10 menit	45
Gambar 20. Spektrum absorbansi <i>graphene</i> menggunakan LAS dengan variasi waktu 30 menit	46
Gambar 21. Spektrum absorbansi <i>graphene</i> tanpa LAS dengan variasi waktu 30 menit	46
Gambar 22. Perbandingan spectrum absorbansi <i>graphene</i> menggunakan LAS dengan variasi waktu	47
Gambar 23. Perbandingan spectrum absorbansi <i>graphene</i> tanpa LAS dengan variasi waktu	48
Gambar 24. Difaktogram XRD <i>graphene</i> menggunakan LAS dengan variasi waktu 10 menit	50
Gambar 25. Difaktogram XRD <i>graphene</i> tanpa LAS dengan variasi waktu 10 menit	51
Gambar 26. Difaktogram XRD <i>graphene</i> menggunakan LAS dengan variasi waktu 20 menit	52
Gambar 27. Difaktogram XRD <i>graphene</i> menggunakan LAS dengan variasi waktu 30 menit	53
Gambar 28. Difaktogram XRD <i>graphene</i> tanpa LAS dengan variasi waktu 30 menit	53

Gambar 29. Foto morfologi <i>graphene</i> diabntu oleh LAS dengan perbesaran (a) 500X, (b)2000X, (c)5000X, dan (d)10000X	50
---	----

Gambar 30. Grafik hubungan antara intensitas dengan energi hasil karakterisasi EDAX nanomaterial <i>graphene</i> menggunakan LAS yang disentesis menggunakan metode LME selama 20 menit	58
---	----

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perbandingan panjang gelombang terhadap Energi <i>Gap</i> (E_g) dari karakterisasi UV-Vis	48
Tabel 2. Perbandingan hasil XRD dengan data JCPDS	50
Tabel 3. Tabel struktur kristal dan parameter kisi hasil karakterisasi XRD	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Menghitung besarnya Energi Gap dari karakterisasi

UV-Vis dengan persamaan <i>Planck</i>	64
---	----

Lampiran 2: Menghitung parameter kisi dan menentukan struktur

kristal dari <i>graphene</i>	65
1. V_2 10 menit <i>graphene</i> dengan LAS	66
2. V_2 10 menit <i>graphene</i> tanpa LAS	68
3. V_2 20 menit <i>graphene</i> dengan LAS	70
4. V_2 30 menit <i>graphene</i> dengan LAS	72
5. V_2 30 menit <i>graphene</i> tanpa LAS	74

Lampiran 3: Hasil karakterisasi SEM dengan variasi waktu

pencampuran bahan 20 menit	76
1. Perbesaran 500X	76
2. Perbesaran 2000X	76
3. Perbesaran 5000X	77
4. Perbesaran 5000X disertai ukuran lembaran <i>graphene</i>	77
5. Perbesaran 10000X	78
6. Perbesaran 20000X	78

Lampiran 4: Hasil karakterisasi EDAX

Lampiran 5:

1. Mortar yang digunakan untuk menumbuk <i>grafite</i> pensil 2B	80
2. Timbangan digital	80
3. Wadah untuk menaruh sampel	81
4. Spektrofotometer UV-Vis	81
5. Sampel yang telah di sentrifugasi	81

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Teknologi saat ini berkembang pesat dari tahun ke tahun. Hal ini berkaitan erat dengan nanoteknologi. Nanoteknologi menciptakan material yang berbasis nano, yang disebut dengan nanomaterial. Banyak orang yang tertarik dengan nanomaterial, karena dengan ukuran nano sifat material lebih menguntungkan. Rekayasa material nanopartikel pada dasarnya adalah rekayasa pengendalian ukuran, bentuk, dan morfologi. Karakteristik material dapat berbeda setelah menjadi nanomaterial. Hal ini berkaitan dengan *surface area* yang besar dari material awalnya, sehingga dapat meningkatkan reaktifitas kimia dan meningkatkan kekuatan sifat elektronik. Efek kuantum juga mendominasi bahan nanoscale dari pengaruh optikal dan sifat magnetik material.

Material karbon memiliki struktur hibridisasi sp , sp^2 , dan sp^3 sehingga menyebabkan jutaan molekul yang stabil. Dalam bentuk elemen tunggal, memiliki sejumlah alotrop (polimorf) seperti berlian, grafit, fullerene dengan sifat yang berbeda mulai dari lingkup sangat keras hingga sangat lembut (Morgan, 2005). Grafit merupakan alotrop paling stabil dalam kondisi normal. Grafit memiliki karakteristik lunak, ringan, dan mampu menghantarkan listrik.

Banyak nanoteknologi yang dilakukan untuk menghasilkan nanomaterial. Nanomaterial dapat disintesis menggunakan metode *top down* yang berarti pembuatan struktur yang kecil dari material yang berukuran besar dan *bottom up* yang merupakan penggabungan atom-atom menjadi ukuran yang lebih besar. Pada tahun 2004, Andre K. Geim dan Konstantin berhasil mensintesis karbon menjadi material *graphene* (Randviir, 2014).

Graphene merupakan bentuk dua dimensi dari karbon dan memiliki sifat elektronik yang unggul. Sifat tersebut diantaranya mobilitas elektron sekitar $15000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$, sehingga konduktivitas listriknya baik dan bersifat konduktor, konduktivitas termal yang baik, sangat transparan karena setipis satu atom. Keunggulan sifat *graphene* inilah yang menyebabkan *graphene* sangat berpotensi di aplikasikan pada berbagai piranti elektronik (Rohman, 2012).

Metode sintesis *graphene* yang digunakan adalah metode *liquid mechanical exfoliation* (LME), dengan menggunakan LAS dan air sebagai metode *liquid exfoliation* (LE) dan blender digunakan untuk metode *mechanical exfoliation* (ME). Adanya variasi waktu pencampuran bahan antara LAS, air, dan *graphite* akan menghasilkan pembentukan *graphene* yang berbeda. Untuk mengetahui karakteristik *graphene* dilakukan karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui Energi Gap, *X-ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui struktur kristal. Pengujian lainnya, yaitu *Scanning Electron Microscope* (SEM) digunakan

untuk mengetahui morfologi permukaan yaitu butiran kristalnya, dan *Energy Dispersive Analysis X-Ray* (EDAX) untuk mengetahui komposisi secara kuantitatif.

B. Identifikasi Masalah

Dari latar belakang di atas dapat diidentifikasi berbagai permasalahan sebagai berikut :

1. Kemajuan teknologi yang berkembang pesat, mendesak manusia menciptakan rekayasa nanoteknologi. Salah satu rekayasa nanoteknologi yaitu sintesis nanomaterial *graphene*.
2. Keunggulan sifat *graphene* menyebabkan *graphene* sangat berpotensi di aplikasikan pada berbagai piranti elektronik.
3. Grafit merupakan alotrop karbon yang stabil dan memiliki karakteristik lunak, ringan, dan mampu menghantarkan listrik.
4. Variasi waktu pencampuran mempengaruhi pembentukan *graphene*.
5. Energi Gap, struktur kristal, parameter kisi, morfologi permukaan, dan komposisi kimia dari *graphene* dapat ditentukan.

C. Batasan Masalah

Dari berbagai identifikasi masalah di atas perlu adanya batasan masalah untuk membatasi penelitian ini. Batasan masalah dari penelitian ini adalah

1. Penelitian ini menggunakan *graphite* dari batang pensil *tri graphite faber-castell 2B*.
2. Cairan yang digunakan untuk mensintesis *graphite* adalah LAS dan air.
3. Metode yang digunakan adalah metode *liquid mechanical exfoliation* (LME) dengan variasi waktu pencampuran (10 menit, 20 menit, dan 30 menit).
4. Karakterisasi material *graphene* dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui Energi *Gap*, XRD untuk mengetahui struktur kristal dan parameter kisi, serta SEM dan EDAX untuk mengetahui morfologi permukaan dan komposisi kimia.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi waktu (10 menit, 20 menit, dan 30 menit) pencampuran bahan antara LAS, air, dan *graphite* dari pensil 2B serta pencampuran bahan antara air dan *graphite* dari pensil 2B menggunakan metode LME terhadap Energi *Gap* pada hasil karakterisasi UV-Vis?
2. Bagaimana pengaruh variasi waktu (10 menit, 20 menit, dan 30 menit) pencampuran bahan antara LAS, air, dan *graphite* dari pensil 2B serta pencampuran bahan antara air dan *graphite* dari pensil 2B

menggunakan metode LME terhadap struktur kristal dan parameter kisi pada hasil karakterisasi XRD?

3. Bagaimana pengaruh pada hasil karakterisasi SEM dengan variasi waktu (20 menit) pencampuran bahan antara LAS, air, dan *graphite* dari pensil 2B menggunakan metode LME terhadap morfologi permukaan dan hasil komposisi kimia pada hasil karakterisasi SEM?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian ini adalah

1. Mengetahui besarnya Energi *Gap* pada hasil karakterisasi UV-Vis dengan variasi waktu (10 menit, 20 menit, dan 30 menit) pencampuran bahan antara LAS, air, dan *graphite* dari pensil 2B serta pencampuran bahan antara air dan *graphite* dari pensil 2B menggunakan metode LME.
2. Mengetahui struktur kristal dan parameter kisi pada hasil karakterisasi XRD dengan variasi waktu (10 menit, 20 menit, dan 30 menit) pencampuran bahan antara LAS, air, dan *graphite* dari pensil 2B serta pencampuran bahan antara air dan *graphite* dari pensil 2B menggunakan metode LME.
3. Mengetahui morfologi permukaan dan hasil komposisi kimia pada hasil karakterisasi SEM dan EDAX dengan variasi waktu (20 menit) pencampuran bahan antara LAS, air, dan *graphite* dari pensil 2B menggunakan metode LME.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Bagi Mahasiswa

- a. Mendapatkan informasi tentang besarnya Energi *Gap* untuk masing-masing variasi waktu pencampuran pada *graphene*.
- b. Mendapatkan informasi tentang struktur kristal dan parameter kisi untuk masing-masing variasi waktu pencampuran pada *graphene*.
- c. Mendapatkan informasi tentang morfologi permukaan dan komposisi kimia untuk variasi waktu pencampuran 20 menit pada *graphene*.

2. Bagi Universitas

Sebagai referensi penelitian di bidang nanomaterial *graphene* yang kemudian dapat dikembangkan lebih lanjut.

3. Bagi Masyarakat

Sebagai pengetahuan baru tentang nanomaterial *graphene* yang diaplikasikan dan dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari.

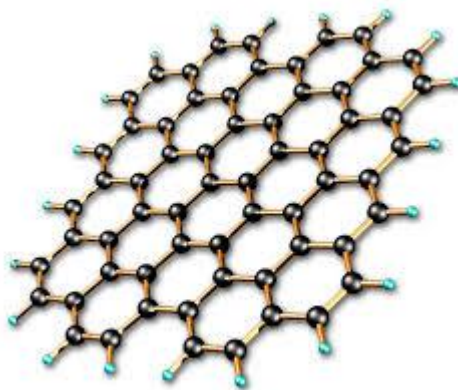
BAB II

KAJIAN PUSTKA

A. *Graphene*

Nama *graphene* atau grafena berasal dari *graphite* + ene (Truong, 2013). *Graphite* sendiri merupakan material yang terdiri dari banyak lembaran *graphene* yang ditumpuk secara bersama (Geim, 2007). Lembaran *graphene* satu dengan lainnya diikat oleh ikatan *van der Waals* (Geim, 2007). Material *graphene* ini pertama kali berhasil disintesis oleh Andre K. Geim dan Konstantin Novoselov pada tahun 2004 (Edward, dkk. 2014).

Graphene tersusun atas jutaan atom-atom karbon yang bersama-sama membentuk pola heksagonal. *Graphene* merupakan alotrop karbon yang berbentuk lembaran datar tipis dimana setiap atom karbon memiliki ikatan sp^2 dan dikemas rapat dalam bentuk kisi kristal seperti sarang lebah (Rahardiandyah, 2012).



Gambar 1. Struktur *graphene* (Murtiaji, 2010).

Jika karbon disusun ke samping menyerupai sarang lebah, maka diyakini akan menjadi bahan semikonduktor terbaik. Lembar grafena telah dimanfaatkan untuk pembuatan *chip* komputer. Tidak hanya untuk industri nanoelektronik, grafena menjadi material terkuat, yang akan memicu perkembangan industri kendaraan, pesawat terbang, LCD, dan bahan antariksa (Rahadiandyah, 2012).

Graphene memiliki jarak antar atom sebesar 0,142 nm, memiliki ikatan kovalen antar atomnya, dan memiliki sifat yang unggul (The Royal Swedish Academy of Sciences, 2010). *Graphene* merupakan satu lapis karbon 2D, dengan struktur menyerupai satu lapis *grafite*. *Graphene* menjadi sangat menarik untuk dikaji karena memiliki sifat kelistrikan, termal, dan mekanik yang luar biasa. Struktur yang unik dari *graphene* memberikan peningkatan sifat *graphene*, misalnya mobilitas pembawa elektron yang tinggi ($\sim 10.000 \frac{cm^2}{V} s$), efek quantum Hall pada suhu ruangan, transparansi optik yang baik (97.7%), luas permukaan spesifik ($2630 \frac{m^2}{g}$), modulus young ($\sim 1 Tpa$), dan konduktivitas panas yang sangat baik $\sim 3000 \frac{W}{mK}$ (Teng Zhang, 2012). Sifat lain yang unggul dan menarik dari *graphene* adalah keelastisan bahannya (Geim, 2007). *Graphene* sangat elastis meskipun lebih keras dari intan. Sifat-sifat unggul yang dimiliki *graphene* tersebut dapat menarik perhatian ilmuwan atau akademisi untuk lebih mengembangkan material ini menjadi lebih baik dalam pengaplikasiannya.



Gambar 2. Sifat elastis *graphene* (Rahadiandyah, 2012).

B. Sintesis Material *Graphene*

Sintesis material *graphene* dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu dengan metode *top down* dan metode *bottom up* (Truong, 2013). Metode *bottom up* adalah metode sintesis *graphene* dengan cara menggabungkan atau penumbuhan secara langsung atom-atom karbon menjadi *graphene*. Sedangkan, metode *top down* adalah metode sintesis *graphene* dengan cara membelah material *graphite* menjadi lembaran-lembaran *graphene*.

Salah satu contoh metode *bottom up* adalah *chemical vapor deposition* (CVD). CVD adalah metode sintesis *graphene* yang menggunakan substrat SiO_2 sebagai media penggabungan atau pertumbuhan atom-atom karbon menjadi *graphene*. Metode ini dapat menghasilkan *graphene* dalam jumlah banyak tetapi kualitasnya tidak sebaik metode lainnya (Ilhami, 2014). CVD juga membutuhkan biaya yang mahal karena menggunakan substrat SiO_2 sebagai media pertumbuhan *graphene* dan peralatan penunjang yang menggunakan teknologi tinggi.

Ada beberapa metode *top down* diantaranya adalah *mechanical exfoliation* (ME), *reduksi graphene oxide* (rGO), *liquid exfoliation* (LE) dan lain sebagainya (Truong, 2013). Metode reduksi *graphene oxide* (GO), yaitu metode yang melewati dua tahap pengoksidasian yaitu dari *graphite* menjadi *graphite oxide* dan *graphite oxide* menjadi GO (Vita, 2015). Tahapan sintesisnya adalah GO dilarutkan dalam air. Karena GO bersifat hidrofobik, lembaran-lembaran GO langsung terpisah dari kristal asalnya. Kemudian, untuk mendapatkan *graphene*, GO diendapkan dan direduksi dengan hidrazin. *Graphene* yang dihasilkan ternyata tidak rata dan memiliki konduktivitas yang rendah, yaitu 0,05 - 2 S/cm karena masih adanya atom impuritas yaitu sisa pereduksi dan pelarut yang menempel pada *graphene*. Tetapi bukan berarti metode ini tidak dapat diterapkan. Metode ini berguna jika *graphene* yang dihasilkan diaplikasikan untuk tinta, cat, dan elektroda dimana tidak membutuhkan tingkat konduktivitas terlalu tinggi.

Metode ME merupakan metode pertama yang dipakai untuk mensintesis *graphene* oleh penemu *graphene* sendiri yaitu, Geim dan Novoselov (Low, dkk, 2012). Metode ME dilakukan dengan cara mengelupas lapisan-lapisan kristalin *graphite* atau karbon hingga skala mikrometer menggunakan selotip (Geim, 2007). Satu lembar *graphene* teramati menggantung pada substrat silikon oksida dengan mikroskop optik (Geim, 2007). Metode LE adalah metode sintesis *graphene* dalam fase cair yang menggunakan teknologi surfaktan (Shuai, 2014).

C. Liquid Mechanical Exfoliation (LME)

Mechanical *exfoliation* (ME) merupakan metode yang mudah digunakan, akan tetapi hanya dapat menghasilkan *graphene* dalam jumlah yang sedikit. Metode ini menggunakan pengelupasan secara mekanik pada *grafite*. *Grafite* yang berupa padatan, ditemplei menggunakan selotip, kemudian selotip tersebut dilepas. Setelah dilepas selotip tersebut direkatkan kembali sampai pada akhirnya diperoleh *graphene*. Selain itu, metode ME dapat dilakukan menggunakan blender. Terdapat komponen pisau di dalamnya yang berfungsi untuk mencacah *grafite*, yang bertujuan untuk mendapatkan *graphene* yang halus.

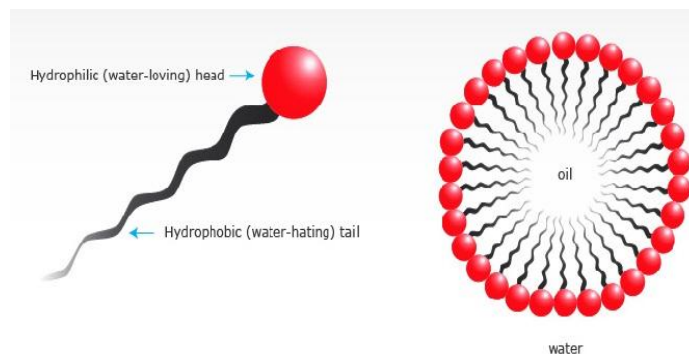
Metode *liquid exfoliation* pertama kali diperkenalkan oleh Coleman dkk pada tahun 2008. LE adalah salah satu metode sintesis *graphene* dalam fasa cair yang menggunakan teknologi surfaktan (Shuai, 2014). Sintesis menggunakan LE dilakukan dengan cara mencampur serbuk *graphite* ke dalam larutan surfaktan anionik (fungsi pembersih) yang kemudian didiamkan satu malam. Surfaktan akan bekerja selama satu malam agar didapatkan material *graphene*. Teknologi surfaktan dalam metode ini berfungsi untuk melemahkan ikatan van der Waals antar lembaran *graphene* pada material *graphite*.

Kedua metode tersebut sangat baik jika digabungkan, sehingga menjadi metode *liquid mechanical exfoliation* (LME), dimana exfoliasi mekanik dilakukan dengan blender yang dilengkapi dengan pisau blender,

dan *liquid exfoliation* menggunakan surfaktan yaitu, berjenis *linear alkylbenzene sulfonate* (LAS). Jika semua bahan dimasukkan dalam blender dan dinyalakan dengan frekuensi putaran tetap akan tercipta tenaga dalam kecepatan tinggi. Oleh karena itu, metode tersebut dapat memisahkan lapisan-lapisan *graphene* yang membentuk butiran *graphene*.

D. Surfaktan

Surfaktan (*surface active agent*) atau bahan aktif permukaan merupakan suatu zat yang ditambahkan pada cairan untuk meningkatkan sifat penyebaran atau pembasahan dengan menurunkan tegangan permukaan cairan khususnya air (Furi, 2012). Molekul surfaktan terdiri dari kepala (*head*) dan ekor (*tail*) (Suparno, 2012). Bagian kepala bersifat *hydrophilic* (suka air) dan bagian ekor bersifat *hydrophobic* (tidak suka air) (Suparno, 2012).



Gambar 3. Struktur molekul surfaktan (<http://edubio.info>).

Ditinjau dari rumus strukturnya, surfaktan dibedakan menjadi dua, yaitu rantai lurus yang dikenal dengan *Linear alkilbenzenea sulfonat*

(LAS) dan rantai bercabang yang dikenal dengan *alkilbenzenasulfonat* (ABS). Berdasarkan sifatnya, surfaktan diklasifikasikan menjadi empat kelompok, yaitu:

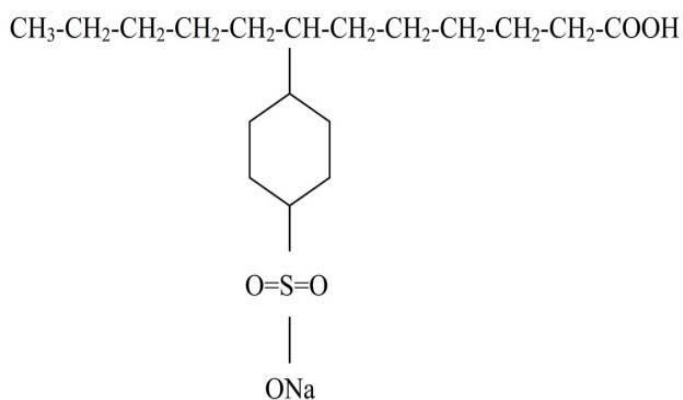
1. Surfaktan anionik, yaitu surfaktan yang hidrofiliknya bermuatan negatif.
2. Surfaktan kationik, yaitu surfaktan yang hidrofiliknya bermuatan positif.
3. Surfaktan nonionik, yaitu surfaktan yang hidrofiliknya tidak bermuatan.
4. Surfaktan amfoterik, yaitu surfaktan yang pada rantai utamanya terdapat muatan positif dan negatif (Suparno, 2012).

Surfaktan merupakan bahan yang memiliki banyak fungsi. Fungsi-fungsi surfaktan diantaranya sebagai bahan pemberi muatan (*charging agent*), bahan pembersih (*cleaning agent*), bahan pengemulsi (*emulsifying agent*), bahan pembuat busa (*foaming agent*), dan bahan pelapis (*coating agent*) (Suparno, 2012). Salah satu fungsi dari surfaktan yang dapat digunakan untuk mensintesis *graphene*, yaitu fungsi pembersihnya. Fungsi surfaktan sebagai pembersih biasa digunakan untuk mencuci piring.

Surfaktan dapat mensintesis *graphene* dalam fasa cair yang disebut dengan *liquid exfoliation* (LE). Metode LE biasanya menggunakan surfaktan berjenis LAS. Larutan surfaktan dalam air menunjukkan perubahan sifat fisik yang mendadak pada daerah konsentrasi tertentu. Perubahan yang mendadak ini disebabkan oleh pembentukan agregat atau penggumpalan dari beberapa molekul surfaktan menjadi satu, yaitu pada

konsentrasi kritik misel (CMC). Dengan terbentuknya misel, sifat larutan akan berubah secara mendadak, seperti tegangan permukaan, viskositas, daya hantar listrik, dan lain-lain (Hayyan, 2008).

LAS adalah garam sulfanik acid. LAS memiliki banyak isomer (sekitar 26) dengan struktur $C_6H_4 SO_3^- Na^+$ (APHA, 1989). Senyawa LAS yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Linear alkylbenzene sulfonate* $C_{18}H_{29}O_5S^+Na^+$ yang memiliki berat molekul 380 dan termasuk surfaktan anionik.



Gambar 4. Struktur LAS (Jujubandung, 2012).

Sifat atau karekteristik dari senyawa LAS (Jujubandung, 2012) adalah:

- Letak cincin benzennya acak sepanjang rantai karbon,
- biasanya berbentuk garam Na atau Ca,
- panjang rantai alkilnya 12,
- murah dan banyak digunakan,
- terionisasi sempurna sehingga larut dalam air, kehadiran sulfonik acid,

- f. resisten terhadap pengolahan anaerob,
- g. dapat terbiodegradasi pada kondisi aerob.

LAS merupakan bahan deterjen yang paling banyak dikonsumsi, mencapai $2,8 \times 10^6$ ton/thn pada tahun 1995. Pada LAS biasanya terdapat senyawa sulfonat aromatik yang produksinya mencapai $1,8 \times 10^6$ ton/thn pada tahun 1987. LAS adalah senyawa *biodegradable* yang biasanya terkandung pada air buangan sekitar 1 – 20 mg/l (Jujubandung, 2012).

E. Blender

Blender diciptakan pada tahun 1922 ketika penemu Polandia-Amerika bernama Stephen J. Poplawski memasang sebuah pisau berputar di dalam sebuah toples. Pada tahun 1935, Fred Osius menyempurnakan ide Poplawski dan menciptakan blender merek Waring yang disebut Waring Blender. Blender adalah alat elektronik berupa sebuah wadah dilengkapi pisau berputar yang digunakan untuk mengaduk, mencampur, menggiling, atau melunakkan bahan makanan.

Blender yang digunakan dalam penelitian adalah blender dengan merek miyako BL-151. Spesifikasi dari blender yang digunakan sebagai berikut: kapasitas 1,5 liter, daya 300 watt, frekuensi kecepatan (26,12 Hz, 36,89 Hz, dan 82,89 Hz), material terbuat dari plastik anti pecah, dan lain-lain. Komponen yang terdapat dalam blender diantaranya, rumah motor, lubang kabel, lubang pengisian pada tutup, tutup, gelas blender (carafe), tombol pengaman, penutup (dengan pin), ring penyekat, pisau blender

yang berbentuk seperti sebuah baling-baling pendek yang dipasang pada bagian bawah wadah.



Gambar 5. Pisau Blender.

Pisau ini diputar dengan cepat dengan tenaga dari sebuah motor sehingga alat ini dengan segera dapat memotong – motong *graphite* menjadi bagian yang lebih kecil dan mencampur bahan-bahan seperti air, dan LAS yang dimasukkan ke dalamnya. Blender juga dilengkapi dengan tiga tombol frekuensi kecepatan berputarnya pisau di dalam wadah.

F. Sentrifugasi

Campuran dapat tersusun atas beberapa unsur ataupun senyawa. Komponen-komponen penyusun suatu campuran tersebut dapat dipisahkan berdasarkan sifat fisika zat penyusunnya. Salah satu metode yang digunakan dalam pemisahan campuran adalah sentrifugasi (Budiman, 2010).

Sentrifugasi bertujuan untuk memisahkan sel menjadi organel-organel utama sehingga fungsinya dapat diketahui (Miller, 2000). Sentrifugasi merupakan alat pemisah yang digunakan untuk memisahkan

campuran padat dan cair atau cair dan cair yang tidak saling larut akibat gaya sentrifugal dengan cara diputar dengan kecepatan tinggi.

Dalam bentuk yang sangat sederhana sentrifus terdiri atas sebuah rotor dengan lubang-lubang untuk meletakkan cairan wadah atau tabung yang berisi cairan dan sebuah motor atau alat lain yang dapat memutar rotor pada kecepatan yang dikehendaki. Semua bagian lain yang terdapat pada sentrifus modern saat ini hanyalah perlengkapan yang dimaksudkan untuk melakukan berbagai fungsi yang berguna dan mempertahankan kondisi lingkungan saat rotor tersebut bekerja (Hendra, 1989).

Prinsip sentrifugasi didasarkan pada pemisahan molekular dari sel atau organel subselular. Pemisahan tersebut berdasarkan konsep bahwa partikel yang tersuspensi di sebuah wadah akan mengendap (bersedimentasi) ke dasar wadah karena adanya gaya gravitasi. Sehingga laju pengendapan suatu partikel yang tersuspensi tersebut dapat diatur dengan meningkatkan atau menurunkan pengaruh gravitasional terhadap partikel. Pengaturan laju pengendapan tersebut dapat dilakukan dengan cara menempatkan wadah yang berisi suspensi partikel mesin sentrifugasi tepatnya pada bagian rotor yang kemudian akan berputar dengan kecepatan tertentu.

Pada penelitian ini, tergantung pada ukuran dan bobot jenis dari suspensi. Teknik ini dapat digunakan untuk mengisolasi dan mengkarakterisasi molekul biologi dan komponen selular. Hasil sentrifugasi terbagi menjadi dua, yaitu supernatan dan pelet. Supernatan

adalah substansi hasil sentrifugasi yang memiliki bobot jenis yang lebih rendah. Posisi dari substansi ini berada pada lapisan atas dan warnanya lebih jernih. Sementara pelet adalah substansi hasil sentrifugasi yang memiliki bobot jenis yang lebih tinggi.

G. Spektrofotometer UV – Vis

Spektrofotometri sinar tampak (UV-Vis) adalah pengukuran cahaya oleh suatu sistem kimia pada panjang gelombang tertentu (Octavia, 2014). Spektrofotometri UV-Vis adalah anggota teknik analisis spektroskopik yang memakai sumber REM (radiasi elektromagnetik) ultraviolet dekat (190-380 nm) dan sinar tampak (380-780 nm) dengan memakai instrumen spektrofotometer. Spektrofotometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur energi secara relatif jika energi tersebut ditransmisikan, direfleksikan, atau diemisikan sebagai fungsi dari panjang gelombang. Spektrofotometer menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu, dan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau yang diabsorpsi (Paingan, 2007).

Salah satu cara untuk mengetahui karakteristik *graphene* adalah menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis. Interaksi sumber radiasi yang digunakan untuk mengidentifikasi sampel *graphene* adalah absorbansi pada panjang gelombang tertentu.

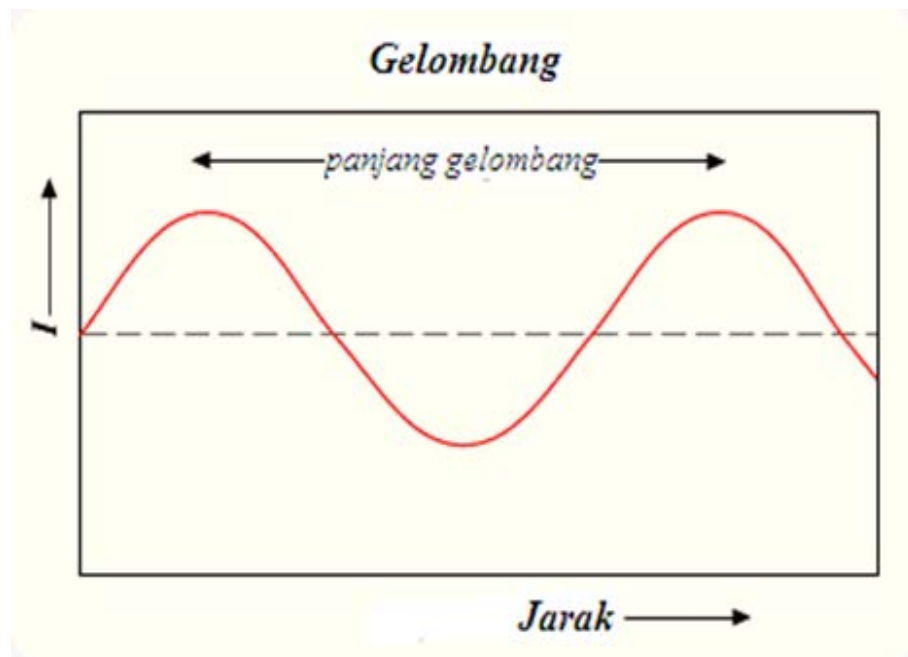
Absorbansi oleh sampel akan mengakibatkan terjadinya transisi elektron, yaitu elektron-elektron dari orbital dasar akan tereksitasi ke

orbital yang lebih tinggi. Ketika elektron kembali ke orbital asal, elektron tersebut memancarkan energi dan energi itulah yang terdeteksi sebagai puncak-puncak absorpsi (Vita, 2015).

Radiasi elektromagnetik memiliki sifat ganda yang disebut sebagai sifat dualistik cahaya yaitu:

- 1) Sebagai gelombang,
- 2) Sebagai partikel-partikel energi yang disebut foton.

Karena sifat tersebut maka beberapa parameter perlu diketahui misalnya panjang gelombang, frekuensi dan energi tiap foton. Panjang gelombang (λ) didefinisikan sebagai jarak antara dua puncak. (Seran, 2011).



Gambar 6. Gelombang transversal (Seran, 2011).

Hubungan dari ketiga parameter di atas dirumuskan oleh Planck yang dikenal dengan *persamaan Planck*. Hubungan antara panjang gelombang frekuensi dirumuskan sebagai;

$$c = \lambda \cdot \nu \text{ atau } \nu = \frac{c}{\lambda} \quad (1)$$

Persamaan Planck : hubungan antara energi tiap foton dengan frekuensi;

$$E = h \cdot \nu \text{ atau } E = h \cdot \frac{c}{\lambda} \quad (2)$$

dimana :

E = energi tiap foton,

h = tetapan Planck ($6,626 \times 10^{-34}$ J.s),

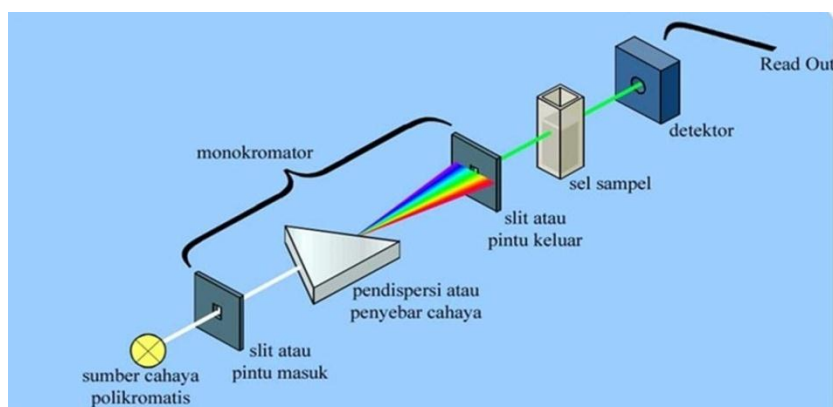
ν = frekuensi sinar,

c = kecepatan cahaya (3×10^8 m.s⁻¹).

Dari rumus di atas dapat diketahui bahwa energi dan frekuensi suatu foton akan berbanding terbalik dengan panjang gelombang tetapi energi yang dimiliki suatu foton akan berbanding lurus dengan frekuensinya (Seran, 2011).

Instrumen spektrofotometri yang disebut spektrofotometer terdiri dari: sumber cahaya, monokromator, sel sampel, detektor, dan *read out* (pembaca). Sumber radiasi berasal dari sinar polikromatik. Sinar polikromatik didispersikan menjadi sinar monokromatik yang dikenakan pada sampel yang kemudian sinar transmisinya terdeteksi oleh detektor. Hasil yang terbaca oleh detektor yaitu berupa data absorbansi cahaya yang diserap oleh sampel pada panjang gelombang tertentu. Absorbansi panjang

gelombang tertentu menunjukkan karakter dari suatu senyawa atau partikel (Octavia, 2014).

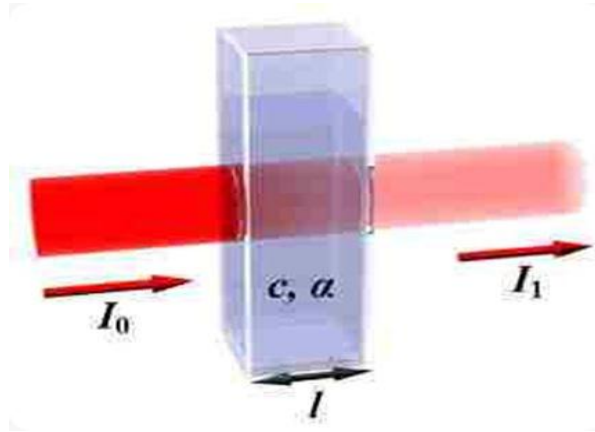


Gambar 7. Instrumen spektrofotometer UV- Vis (Seran, 2011).

Proses terjadinya absorpsi cahaya pada spektrofotometer yaitu, ketika cahaya dengan panjang berbagai panjang gelombang (cahaya polikromatis) mengenai suatu zat, maka cahaya dengan panjang gelombang tertentu saja yang akan diserap. Di dalam suatu molekul yang memegang peranan penting adalah elektron valensi dari setiap atom yang ada hingga terbentuk suatu materi. Elektron-elektron yang dimiliki oleh suatu molekul dapat berpindah (eksitasi), berputar (rotasi) dan bergetar (vibrasi) jika dikenai suatu energi (Seran, 2011).

Jika zat menyerap cahaya tampak dan UV maka akan terjadi perpindahan elektron dari keadaan dasar menuju ke keadaan tereksitasi. Perpindahan elektron ini disebut transisi elektronik. Pada spektrofotometri, cahaya datang atau cahaya masuk atau cahaya yang mengenai permukaan zat dan cahaya setelah melewati zat tidak dapat diukur, yang dapat diukur

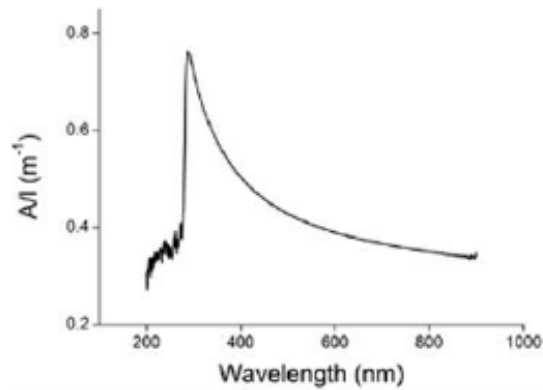
adalah I_t/I_0 atau I_0/I_t (perbandingan cahaya datang dengan cahaya setelah melewati materi (sampel)) (Seran, 2011). Proses penyerapan cahaya oleh suatu zat dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 8. Proses penyerapan cahaya oleh zat dalam sel sampel.

(Seran, 2011).

Ada beberapa metode untuk menentukan karakter atau sifat *graphene* menggunakan UV-Vis, salah satunya dilakukan oleh Wang (2014). Untuk metode LE (Shuai, 2014) melakukan karakterisasi spektrum UV-Vis yang hasilnya dapat diamati pada Gambar 7. Puncak diamati pada panjang gelombang antara 200 nm sampai 400 nm yang merupakan karakterisasi dari *graphene* atau *graphene oxide* (Shuai, 2014).



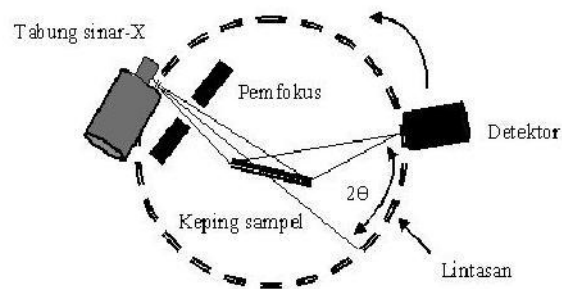
Gambar 9. Spektrum absorbansi UV-Vis dengan metode LE (Shuai, 2014).

H. *X-ray Diffraction (XRD)*

Difraksi sinar-X pertama kali ditemukan oleh Max von Laue tahun 1913 dan pengembangannya dilakukan oleh Bragg. Difraksi sinar-X merupakan salah satu metode baku yang penting untuk mengkarakterisasi material. Sampai saat ini, metode difraksi sinar-X digunakan untuk mendapatkan informasi struktur kristal material logam maupun paduan, mineral, polimer, material organik, superkonduktor (Suharyana, 2012), konstanta kisi, dan lain-lain. Sinar-X merupakan gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang diantara 400-800 nm (Smallman, 1999).

XRD memberikan data-data difraksi dan kuantisasi intensitas difraksi pada sudut-sudut dari suatu bahan. Data yang diperoleh dari XRD berupa intensitas difraksi sinar-X yang terdifraksi dan sudut-sudut 2θ . Tiap pola yang muncul pada pola XRD mewakili satu bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu (Widyawati, 2012).

Komponen utama XRD terdiri dari tabung katoda (tempat terbentuknya sinar-X), sampel *holder*, dan detektor. Prinsip kerja XRD dapat dilakukan dengan salah satu teknik yang digunakan untuk menentukan struktur suatu padatan kristalin, yaitu metode difraksi sinar-X serbuk (*X ray powder diffraction*) . Sampel berupa serbuk padatan kristalin yang memiliki ukuran kecil dengan diameter butiran kristalnya sekitar 10^{-7} – 10^{-4} m ditempatkan pada suatu plat kaca. Sinar-X diperoleh dari elektron yang keluar dari filamen panas dalam keadaan vakum pada tegangan tinggi, dengan kecepatan tinggi menumbuk permukaan logam, biasanya tembaga (Cu).



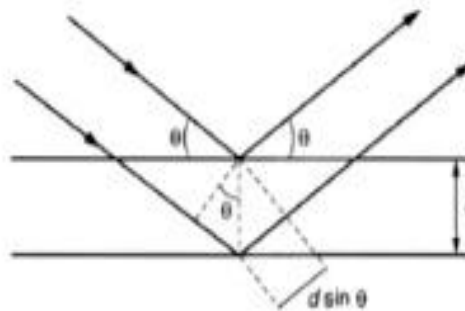
Gambar 10. Difraksi Sinar-X (<https://rolanrusli.com>)

Sinar-X tersebut menembak sampel padatan kristalin, kemudian mendifraksikan sinar ke segala arah dengan memenuhi Hukum Bragg. Detektor bergerak dengan kecepatan sudut yang konstan untuk mendeteksi berkas sinar-X yang didifraksikan oleh sampel. Sampel serbuk atau padatan kristalin memiliki bidang-bidang kisi yang tersusun secara acak dengan berbagai kemungkinan orientasi, begitu pula partikel-partikel kristal yang terdapat di dalamnya. Setiap kumpulan bidang kisi tersebut

memiliki beberapa sudut orientasi tertentu, sehingga difraksi sinar-X memenuhi Hukum Bragg, yaitu

$$n\lambda = 2d \sin \theta \quad (3)$$

dengan n adalah orde difraksi (1,2,3....), λ adalah panjang gelombang sinar-X, d adalah jarak antar kisi, dan θ adalah sudut difraksi.



Gambar 11. Kisi-kisi kristal dan difraksi sinar-X (Settle, 1997).

Ketika panjang lintasan dalam kristal ($2d \sin\theta$) adalah perkalian dari panjang gelombang, maka akan terjadi interferensi konstruktif dan diperoleh intensitas difraksi. Secara umum, *d-spacing* merupakan fungsi dari parameter kisi (a, b, c) dan sudut (α, β, γ) yang mendefinisikan sel unit, dan indeks Miller (h, k, l) yang menunjukkan refleksi particular (Settle, 1997).

Pola difraktogram yang dihasilkan berupa deretan puncak-puncak difraksi dengan intensitas relatif bervariasi sepanjang nilai 2θ tertentu. Besarnya intensitas relatif dari deretan puncak-puncak tersebut bergantung pada jumlah atom atau ion yang ada, dan distribusinya di dalam sel satuan material tersebut. Pola difraksi setiap padatan kristalin sangat khas, yang bergantung pada kisi kristal, unit parameter dan panjang gelombang sinar-

X yang digunakan. Dengan demikian, sangat kecil kemungkinan dihasilkan pola difraksi yang sama untuk suatu padatan kristalin yang berbeda (Warren, 1969).

Arah atom yang dipantulkan oleh atom dalam kristal ditentukan oleh geometri dari kisi kristal yang bergantung pada orientasi dan jarak bidang kristal. Suatu kristal yang memiliki simetri kubik ($a = b \neq c$, $\alpha = \beta = 90^\circ$, $\gamma = 120^\circ$) memiliki konstanta kisi a dan c , sudut-sudut berkas yang didifraksikan dari bidang-bidang kristal (hkl) dapat dihitung dengan jarak antar bidang sebagai berikut :

Dengan menggunakan Hukum Bragg pada persamaan (3), persamaan umum sistem kristal heksagonal (Suryanarayana, 1998),

$$\frac{1}{d^2} = \frac{4}{3} \left(\frac{h^2 + hk + k^2}{a^2} \right) + \frac{l^2}{c^2} = \frac{4 \sin^2 \theta}{\lambda^2} \quad (4)$$

$$\sin^2 \theta = \frac{\lambda^2}{4} \left[\frac{4}{3} \left(\frac{h^2 + hk + k^2}{a^2} \right) + \frac{l^2}{c^2} \right] \quad (5)$$

Dengan nilai

$$A = \frac{\lambda^2}{3a^2} \text{ dan } C = \frac{\lambda^2}{4c^2}$$

Maka parameter kisi dapat dihitung dengan persamaan;

$$a = \frac{\lambda}{\sqrt{3} \sin \theta} \sqrt{h^2 + hk + k^2}$$

$$c = \frac{\lambda}{2 \sin \theta} l$$

I. *Scanning Electron Microscope (SEM)*

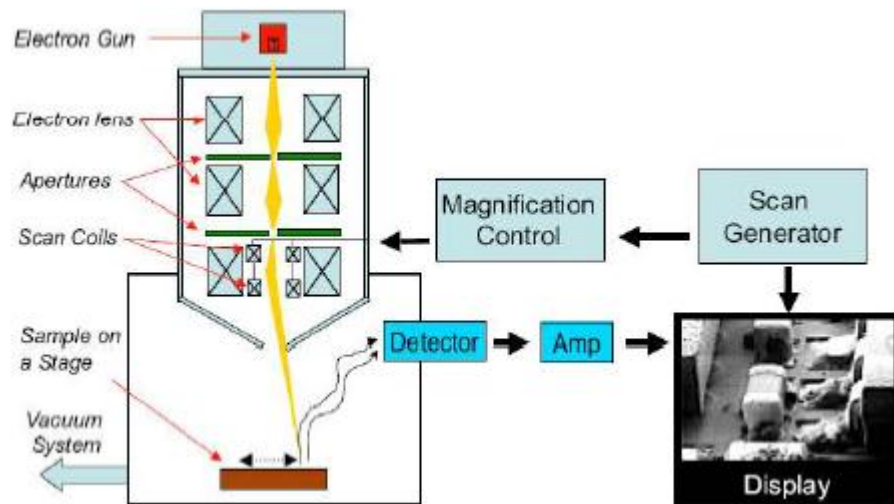
Teknologi nano yang berkembang saat ini, tidak akan lepas dari mikroskop, yaitu alat pembesar untuk melihat benda-benda yang berukuran kecil. Mikroskop berkembang saat Galileo Galilei membuat mikroskop menggunakan lensa optik. Sehingga, alat tersebut dinamakan mikroskop optik. Seiring berkembangnya jaman, ilmuwan Jerman menemukan mikroskop yang menggunakan elektron, karena memiliki keunggulan, menghasilkan gambar yang beresolusi tinggi. Ada beberapa macam mikroskop elektron, salah satunya adalah *scanning electron microscope (SEM)*.

SEM dikembangkan pertama kali tahun 1938 oleh Manfred von Ardenne seorang ilmuwan Jerman (Oktaviana, 2009). SEM adalah mikroskop yang menggunakan hamburan elektron sebagai ganti cahaya untuk membentuk bayangan atau gambar (Pujiyanto, 2010). SEM memiliki perbesaran 10 - 3000000x, *depth of field* 4 - 0,4 mm, dan resolusi sebesar 1 - 10 nm.

SEM biasanya digunakan untuk keperluan industri dan peneliti untuk menyelidiki permukaan dari objek solid secara langsung. Fungsi utama SEM antara lain dapat digunakan untuk mengetahui informasi – informasi mengenai:

- a. topografi, yaitu ciri – ciri permukaan dan teksturnya,
- b. morfologi, yaitu bentuk dan ukuran dari partikel penyusun objek,

- c. komposisi, yaitu data kuantitatif unsur dan senyawa yang terkandung di dalam objek,
- d. kristalografi, yaitu informasi mengenai bagaimana susunan dari butir – butir dari objek yang diamati.



Gambar 12. Skema susunan SEM (Oktaviana, 2009).

Dari Gambar 12, dapat diketahui prinsip kerja dari SEM itu sendiri, yaitu:

1. Pistol elektron, biasanya berupa filamen yang terbuat dari unsur yang mudah melepas elektron. Alat ini berfungsi untuk memproduksi sinar elektron dan dipercepat oleh anoda.
2. Lensa untuk elektron, berupa lensa magnetik yang berfungsi memfokuskan elektron menuju sampel.
3. Sinar elektron yang terfokus memindai (*scan*) keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai.

4. Ketika elektron mengenai sampel maka sampel akan mengeluarkan elektron baru yang diterima oleh detektor dan dikirim ke monitor (CRT).

Detektor berfungsi untuk menangkap hamburan elektron dan memberikan informasi yang berbeda-beda. Detektor elektron tersebut antara lain:

1. Detektor EDS, yang berfungsi untuk menangkap informasi mengenai komposisi sampel pada skala mikro.
2. *Backscatter* detector, yang berfungsi untuk menangkap informasi nomor atom dan topografi.
3. *Secondary* detector, berfungsi untuk menangkap informasi topografi.

Ketebalan sampel tidak berpengaruh, karena itu, sampel yang tebal sekalipun (*bulk*) dapat dianalisis dengan SEM. Kombinasi dari perbesaran kedalaman, jarak fokus, resolusi yang bagus, dan persiapan yang mudah membuat SEM merupakan satu dari alat-alat yang sangat penting untuk digunakan dalam penelitian saat ini (Pujiyanto, 2010).

J. *Energy Dispersive Analysis X-Ray (EDAX)*

EDAX merupakan instrument yang digunakan untuk menentukan komposisi kimia suatu bahan. System analisis EDAX bekerja sebagai fitur yang terintegrasi dengan SEM dan tidak dapat bekerja tanpa SEM. Prinsip kerja dari teknik ini adalah menangkap dan mengolah sinyal *fluoresensi* sinar-X yang keluar apabila berkas sinar elektron mengenai daerah tertentu pada bahan (*specimen*). Sinar-X tersebut dapat terdeteksi dengan detector

zat padat, yang dapat menghasilkan pulsa intensitas sebanding dengan panjang gelombang sinar-X.

Struktur suatu material dapat diketahui dengan cara melihat interaksi yang terjadi jika suatu *specimen* padat dikenai berkas elektron. Berkas elektron yang jatuh tersebut sebagian lagi akan diserap dan menembus *specimen*. Bila *specimen*-nya cukup tipis, sebagian besar ditransmisikan dan beberapa elektron dihamburkan secara elastis tanpa kehilangan energi, sementara sebagian lagi dihamburkan secara tidak elastic. Interaksi dengan atom dalam *specimen* menghasilkan pelepasan energi rendah, foton sinar-X dan elektron *auger*, yang semuanya dapat digunakan untuk mengkarakterisasi material (Ariswan,2010).



Gambar 13. Hamburan dari elektron yang jatuh pada lembaran tipis

(Smallman, 1999).

Gambar 13 menunjukkan hamburan elektron-elektron ketika mengenai *specimen*. Interaksi antara elektron dengan atom pada sampel akan menghasilkan pelepasan elektron energi rendah, foton sinar-X dan elektron *auger* bisa digunakan untuk mengkarakterisasi material

(Smallman, 1999). Elektron sekunder adalah elektron yang dipancarkan dari permukaan kulit atom terluar yang dihasilkan dari interaksi berkas elektron jatuh mengenai *specimen* padat sehingga mengakibatkan terjadinya loncatan elektron yang terikat lemah dari pita konduksi. Elektron *auger* adalah elektron dari kulit orbit terluar yang dikeluarkan dari atom ketika elektron tersebut menyerap energi yang dilepaskan oleh elektron lain yang jatuh ke tingkat energi yang lebih rendah. Apabila berkas elektron mengenai sampel padat, maka sebagian berkas yang jatuh tersebut akan dihamburkan kembali dan sebagian lagi akan menembus sampel. Untuk sampel yang tipis maka sebagian besar elektron akan diteruskan, beberapa elektron akan dihamburkan secara elastis tanpa kehilangan energi dan sebagian lagi akan dihamburkan secara tak elastis (Smallman, 1999).

Teknik ini juga dapat dimanfaatkan untuk mengenai unsur-unsur pada daerah kecil permukaan bahan secara kualitatif dan semi kuantitatif. Hal ini karena masing-masing unsur menyebar pada panjang gelombang spesifik. Jika teknik SEM dan EDAX digabungkan maka keduanya dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi unsur-unsur yang terlibat pada struktur mikro.

K. Kerangka Berpikir

Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis nanomaterial karbon dengan metode LME serta mengetahui pengaruh variasi waktu terhadap

sintesis tersebut. Metode LME adalah gabungan dari dua metode, yaitu metode LE dan ME yang diinovasi menjadi satu metode. Metode LE menggunakan surfaktan yang berjenis LAS. Sedangkan metode ME menggunakan blender yang berfungsi untuk mencampur bahan yaitu *tri graphite* pensil 2B *Faber Castell* dengan air dan LAS. Karakterisasi dilakukan dengan melihat panjang gelombang dan absorbansi dari spektrofotometer UV-Vis untuk menganalisis energi *gap*, kemudian melihat difaktrogram untuk menentukan struktur kristal dan parameter kisi yang diperoleh dari XRD, dan melihat morfologi kristal serta komposisi kimia dari hasil foto SEM dan EDAX.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2016 sampai bulan Juli 2016. Tempat penelitian ini dilaksanakan di beberapa tempat, yaitu:

1. Sintesis nanomaterial *graphene*: Laboratorium Koloid lantai II Jurusan Pendidikan Fisika, FMIPA, UNY.
2. Pengujian UV – Vis: Laboratorium Kimia lantai II Jurusan Pendidikan Kimia, FMIPA, UNY.
3. Pengujian XRD: Laboratorium Kimia lantai III Jurusan Pendidikan Kimia, FMIPA, UNY.
4. Pengujian SEM: Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu, Universitas Gajah Mada (UGM).

B. Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang dapat divariasi sepanjang eksperimen atau variabel yang menjadi sebab berubahnya variabel lain yaitu variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah waktu pencampuran bahan (dalam menit) yaitu 10, 20 dan 30.

2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi akibat adanya variabel lain, yaitu variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah

- a. energi *Gap*,
- b. struktur kristal,
- c. parameter kisi,
- d. morfologi permukaan, dan
- e. komposisi kimia.

3. Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dibuat sama sehingga tidak mempengaruhi variabel lain. Variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah

- a. massa *graphite* 4 gram,
- b. volume air 100 ml,
- c. volume LAS 2 ml, dan
- d. frekuensi kecepatan blender 36.89 Hz.

C. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen. Eksperimen dilakukan untuk mengetahui Energi *Gap* dengan karakterisasi UV-Vis, mengetahui struktur kristal dan parameter kisi menggunakan XRD serta mengetahui morfologi permukaan dan komposisi kimia menggunakan

SEM serta EDAX dengan variasi waktu pencampuran bahan antara *tri graphite* pensil 2B *faber castell* yang dicampur dengan air serta LAS, menggunakan metode LME.

D. Alat dan Bahan

Berbagai alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Alat

- a. blender miyako (1 buah),
- b. gelas ukur (2 buah),
- c. gelas beker (3 buah),
- d. pipet tetes (2 buah),
- e. penumbuk mortar (1 buah),
- f. timbangan digital (1 buah),
- g. tabung reaksi (15 buah),
- h. kaca preparat (1 buah),
- i. penggaris (1 buah),
- j. *cutter* (1 buah),
- k. oven (1 buah),
- l. *centrifuge* (1 buah),
- m. spektrofotometer UV-Vis (1 buah),
- n. *scanning electron microscopes* (SEM).
- o. *stopwatch* (1 buah),

p. stroboskop (1 buah).

2. Bahan

- a. *graphite* dari batang pensil *tri graphite* pensil 2B *faber castell* (24 gram),
- b. LAS (12 ml),
- c. air (900 ml).

E. Langkah Kerja

1. Preparasi nanomaterial karbon menggunakan metode LME dibantu oleh LAS

- a. Menghitung frekuensi putar blender menggunakan stroboskop.
- b. Menumbuk *graphite* isi batang pensil 2B *faber castell* menggunakan penumbuk mortar.
- c. Menimbang *graphite* yang telah dihaluskan sebanyak 4 gram menggunakan timbangan digital.
- d. Mengukur air sebanyak 100 ml menggunakan gelas ukur.
- e. Mengukur LAS sebanyak 2 ml menggunakan gelas ukur.
- f. Menuangkan serbuk *graphite*, air, dan LAS ke dalam blender.
- g. Menyalakan blender pada frekuensi putar 36.89 Hz dan mematakannya setelah 10 menit.
- h. Menuangkan isi blender ke dalam gelas beker.
- i. Mengambil sampel dari gelas beker menggunakan pipet ke dalam tabung reaksi dengan masing - masing tabung sebanyak 4 ml.

- j. Mengulangi langkah di atas dengan menyalakan blender dan mematikan setelah 20 menit dan 30 menit.
- k. Melakukan sentrifugasi pada kecepatan 3000 radian per menit (rpm) selama 20 menit.
- l. Membuang endapan dalam cairan hasil sentrifugasi setelah sentrifugasi sebanyak 12 kali.

2. Pembuatan sampel larutan LAS

- a. Mengukur air sebanyak 100 ml menggunakan gelas ukur.
- b. Mengukur LAS sebanyak 2 ml menggunakan gelas ukur.
- c. Menuangkan air dan LAS ke dalam blender.
- m. Menyalakan blender pada frekuensi putar 36.89 Hz dan mematakannya setelah 10 menit.
- d. Mengambil sampel dari blender menggunakan pipet ke dalam tabung reaksi.
- n. Mengulangi langkah di atas dengan menyalakan blender pada selang waktu 20 menit dan 30 menit.
- e. Melakukan 12 kali sentrifugasi dengan kecepatan 3000 rpm selama 20 menit untuk masing - masing waktu.

3. Preparasi nanomaterial karbon menggunakan metode LME tanpa dibantu oleh LAS

- a. Mengukur air sebanyak 100 ml menggunakan gelas ukur.
- b. Menimbang serbuk *graphite* sebanyak 4 gram menggunakan timbangan digital.

- c. Menuangkan air dan serbuk *graphite* ke dalam blender.
- o. Menyalakan blender pada frekuensi putar 36.89 Hz dan mematikannya setelah 10 menit.
- d. Mengambil sampel dari blender menggunakan pipet ke dalam tabung reaksi.
- e. Mengulangi langkah di atas dengan menyalakan blender pada selang waktu 20 menit dan 30 menit.
- f. Melakukan sentrifugasi dengan kecepatan 3000 rpm selama 20 menit sebanyak 12 kali untuk masing - masing waktu.

4. Pembuatan sampel untuk karakterisasi SEM

- a. Mengukur kaca preparat dengan panjang 0,5 cm dan lebar 0,5 cm menggunakan penggaris dan memotongnya dengan *cutter*.
- b. Mengambil satu sampel *graphene* pada frekuensi putar 36.89 Hz dengan waktu 20 menit dan meratakannya pada permukaan preparat yang telah dipotong.
- c. Memanaskan preparat yang telah diberi sampel dengan menggunakan oven pada suhu 200°C dan mematikannya setelah 20 menit.

5. Pengujian spektrofotometer UV-Vis

Sampel larutan hasil sintesis diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Pada karakterisasi UV-Vis diperoleh grafik yang menunjukkan panjang gelombang dan absorbansi yang dimiliki sampel larutan tersebut. Sampel larutan yang diuji yaitu larutan

graphene yang sudah dipisahkan dengan pelet melalui proses sentrifugasi. Hasil UV – Vis digunakan untuk mengetahui besarnya energi *Gap* pada *graphene*.

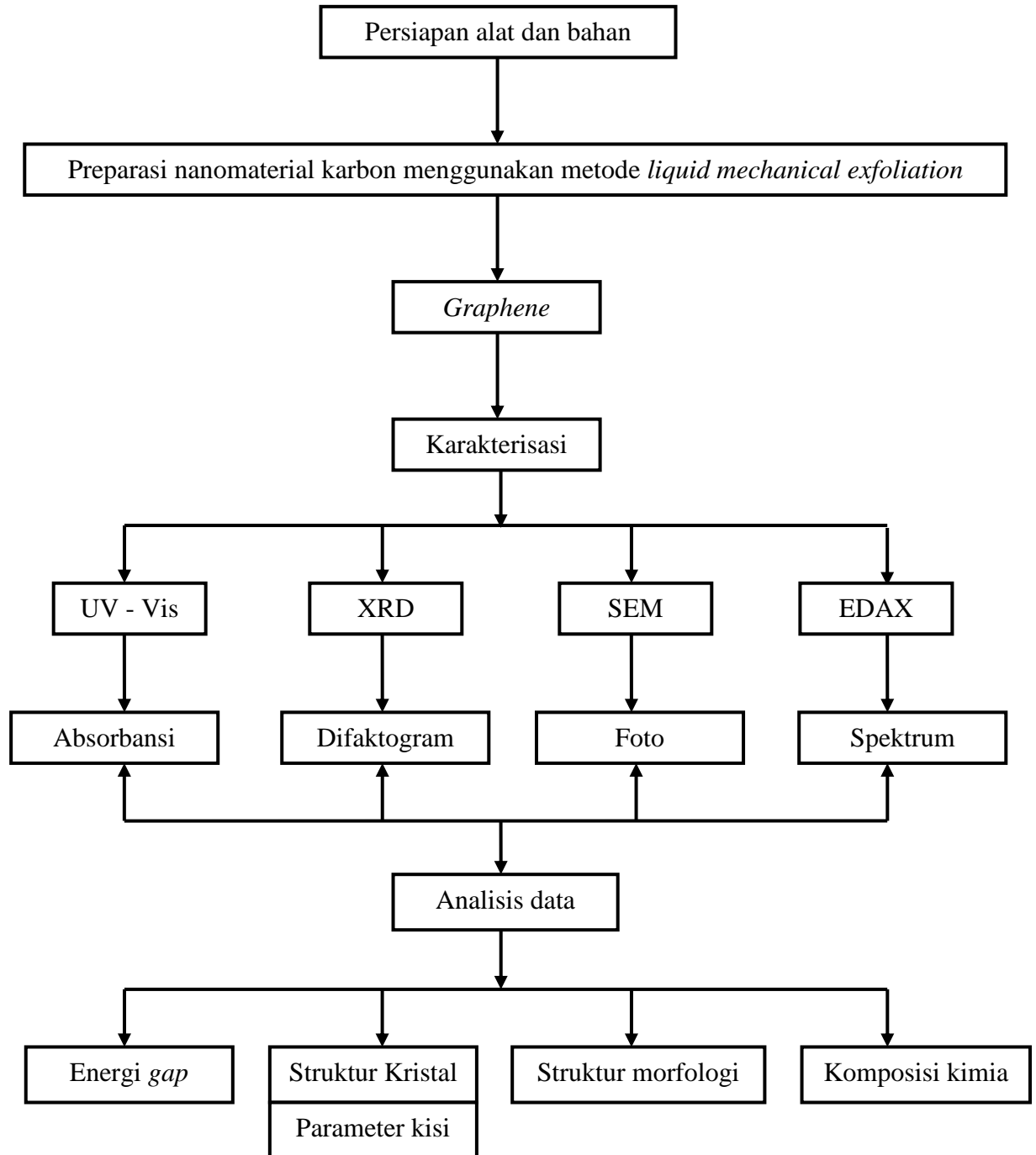
6. Pengujian XRD

Pengujian XRD digunakan untuk menentukan struktur kristal dan parameter kisi dari sampel. Data yang diperoleh dari karakterisasi XRD berupa difaktogram. Difaktogram menunjukkan intensitas sebagai fungsi sudut difraksi (2θ).

7. Pengujian SEM dan EDAX

Pengujian SEM merupakan tahap akhir dari pengujian *graphene* menggunakan metode LME. Tujuan dari pengujian SEM dan EDAX yaitu untuk mengetahui morfologi dan komposisi kimia dari *graphene*. Pada karakterisasi SEM diperoleh hasil data berupa gambar atau foto.

F. Diagram Alir Penelitian



Gambar 14. Diagram alir tahap penelitian.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dibahas berbagai hasil yang diperoleh dari penelitian, sesuai dengan tujuan yang akan dicapai dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh waktu pencampuran antara *graphene* menggunakan LAS dan *graphene* tanpa LAS, menggunakan blender dengan sampel karbon pensil 2B yang disintesis menggunakan metode LME terhadap hasil karakterisasi spektrofotometer UV-Vis, XRD, SEM, dan EDAX.

A. Hasil Sintesis *Graphene* Menggunakan Metode LME

Dari Gambar 15 dapat dilihat bahwa *graphene* disintesis dengan metode LME dengan bantuan LAS. Kemudian *graphene* di-sentrifugasi pada kecepatan 3000 rpm selama 20 menit sebanyak 12 kali. Gambar 11 menunjukkan warna bening ke abu-abuan yang merupakan salah satu indikasi bahwa *graphene* sudah berubah ukuran partikelnya walaupun belum dibuktikan secara kuantitatif. Sintesis *graphene* pada penelitian ini menggunakan variasi waktu 10 menit, 20 menit, dan 30 menit dengan frekuensi kecepatan konstan.



Gambar 15. Larutan *graphene* dengan variasi waktu pencampuran bahan.

B. Hasil Karakterisasi UV-Vis

Karakterisasi sifat optik *graphene* yang diperoleh tersebut dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Dengan menguji sampel material menggunakan instrumen ini maka dapat diperoleh data berupa panjang gelombang dan absorbansinya. Nilai absorbansi dari material *graphene* yang didapatkan ini diukur dengan spektrofotometer UV-Vis menggunakan panjang gelombang 200 - 700 nm. Pada penelitian ini, sampel yang dikarakterisasi dengan UV-Vis yaitu sampel dengan variasi terhadap waktu pencampuran bahan yaitu 10 menit, 20 menit, dan 30 menit menggunakan LAS dan hasil karakterisasi akan dibandingkan dengan *graphene* tanpa LAS.

Rumus yang digunakan untuk menghitung Energi Gap (E_g) adalah

$$E_g = h \cdot \nu \quad \text{atau} \quad E_g = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

dimana :

E_g = energi tiap foton,

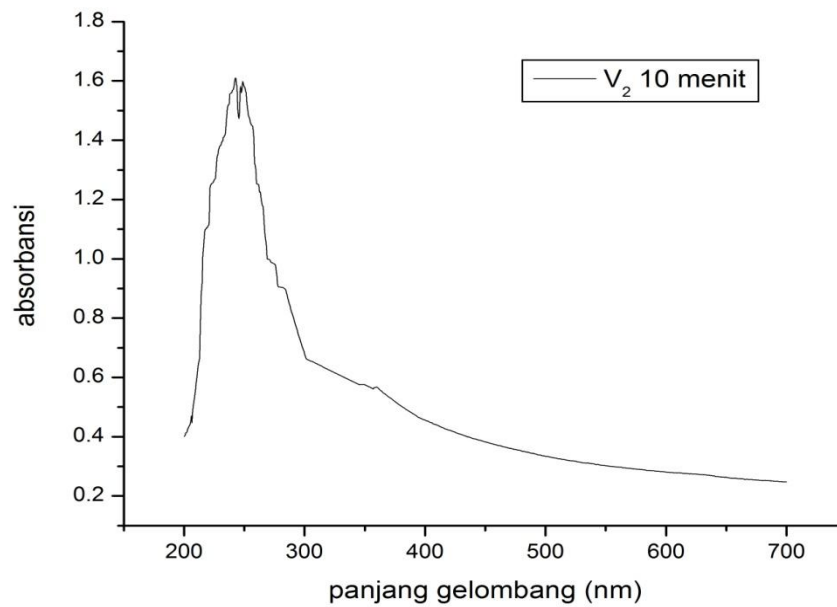
h = tetapan Planck ($6,626 \times 10^{-34}$ J.s),

ν = frekuensi sinar,

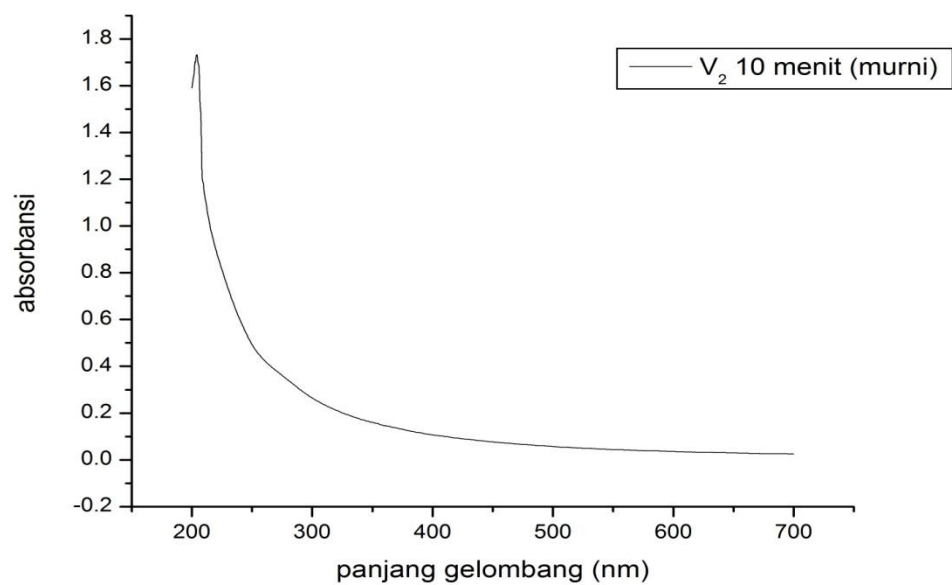
c = kecepatan cahaya (3×10^8 m.s⁻¹),

λ = panjang gelombang yang diketahui dari karakterisasi UV-Vis,

1 eV = $1,602 \times 10^{-19}$ J.

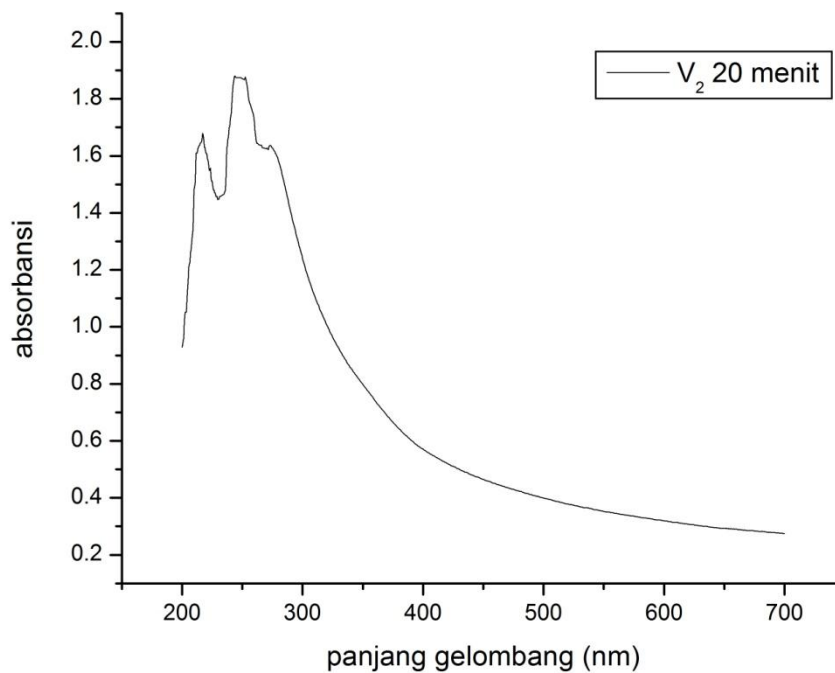


Gambar 16. Spektrum absorbansi *graphene* menggunakan LAS dengan variasi waktu 10 menit.

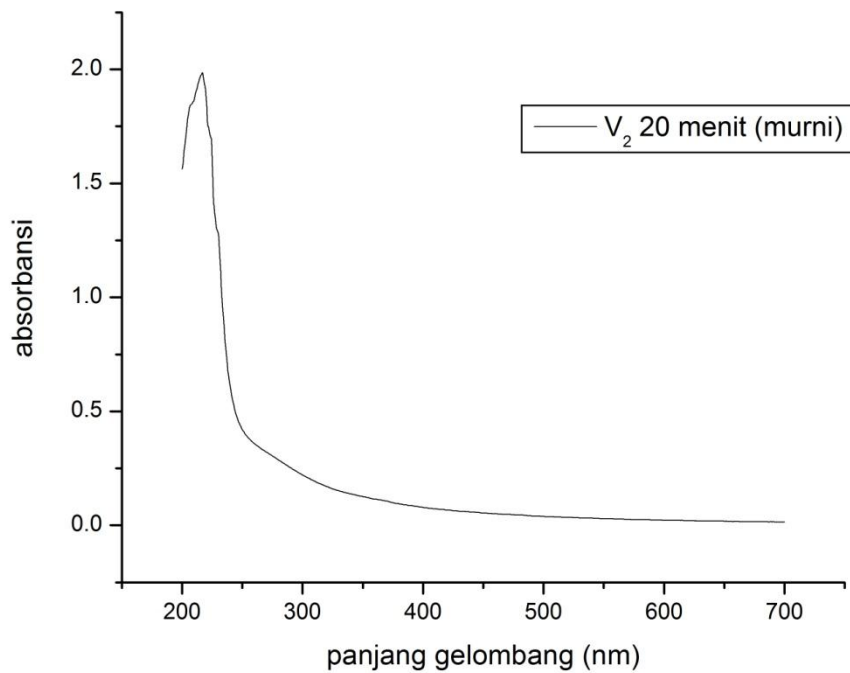


Gambar 17. Spektrum absorbansi *graphene* tanpa LAS dengan variasi waktu 10 menit.

Gambar 16 merupakan spektrum karakteristik *graphene* menggunakan LAS dengan variasi waktu 10 menit dengan panjang gelombang 242,5 nm didapatkan E_g sebesar 5.1168 eV. Sedangkan Gambar 17 menunjukkan hasil karakterisasi *graphene* tanpa LAS pada variasi waktu 10 menit dengan panjang gelombang 204,5 nm didapatkan E_g sebesar 6.0676 eV. Sehingga terdapat perbedaan antara keduanya, dimana *graphene* tanpa LAS memiliki E_g yang lebih tinggi dibandingkan dengan *graphene* menggunakan LAS.

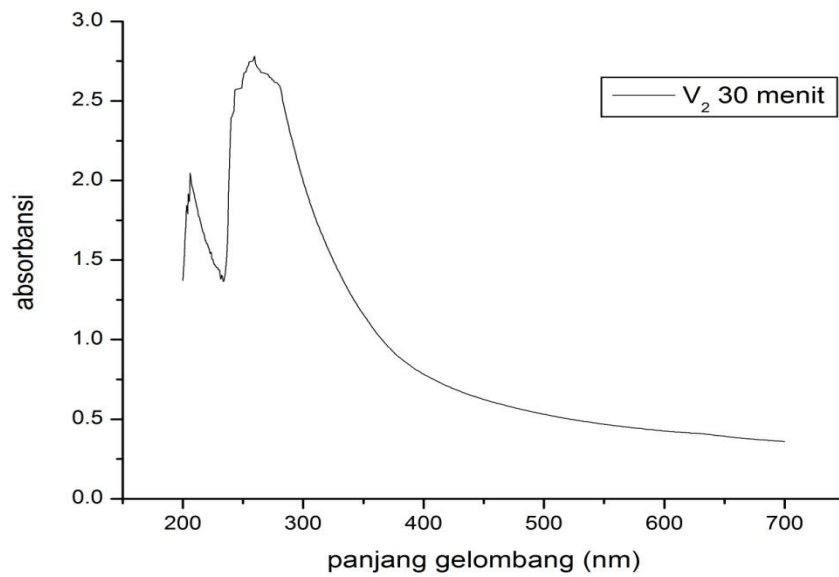


Gambar 18. Spektrum absorbansi *graphene* menggunakan LAS dengan variasi waktu 20 menit.

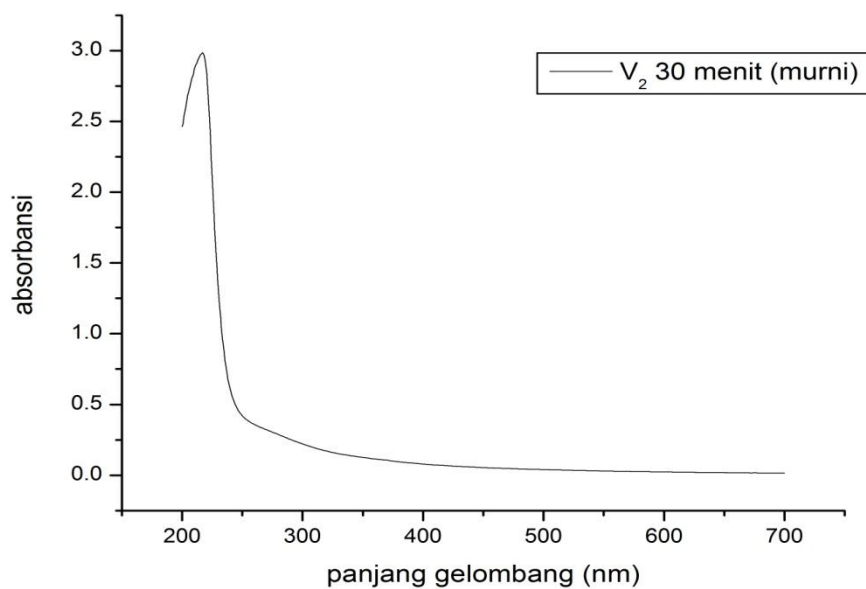


Gambar 19. Spektrum absorbansi *graphene* tanpa LAS dengan variasi waktu 20 menit.

Gambar 18 merupakan spektrum karakteristik *graphene* menggunakan LAS dengan variasi waktu 20 menit dengan panjang gelombang 244,0 nm didapatkan E_g sebesar 5.0853 eV. Sedangkan Gambar 19 menunjukkan hasil karakterisasi *graphene* tanpa LAS pada variasi waktu 20 menit dengan panjang gelombang 216,5 nm didapatkan E_g sebesar 5.7313 eV. Sehingga terdapat perbedaan antara keduanya, dimana *graphene* tanpa LAS memiliki E_g yang lebih tinggi dibandingkan dengan *graphene* menggunakan LAS.

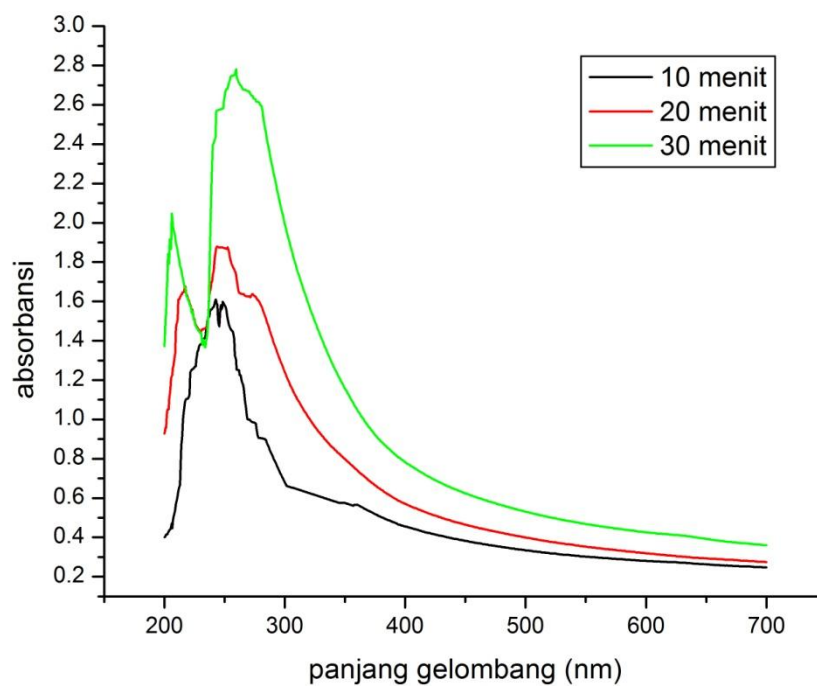


Gambar 20. Spektrum absorbansi *graphene* menggunakan LAS dengan variasi waktu 30 menit.

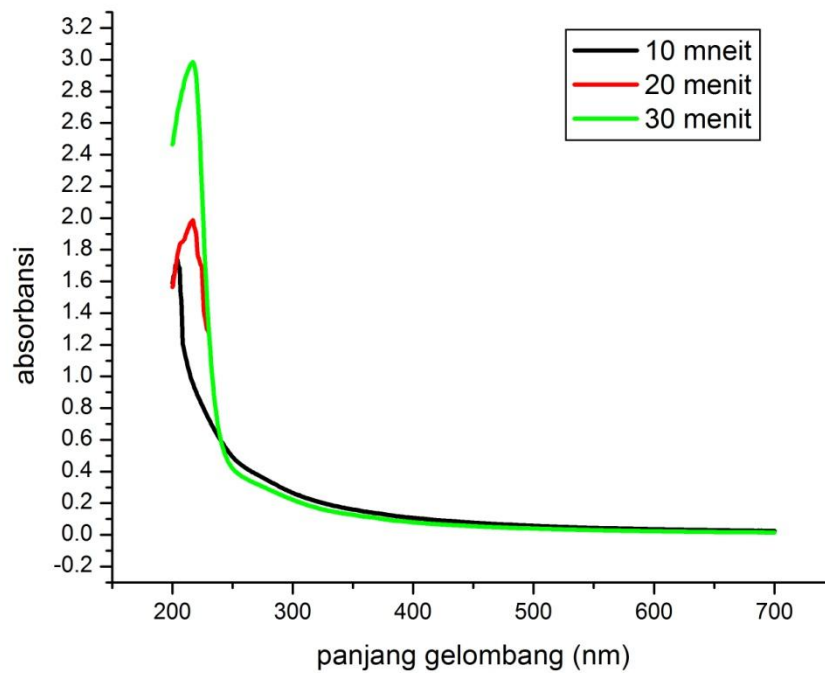


Gambar 21. Spektrum absorbansi *graphene* tanpa LAS dengan variasi waktu 30 menit.

Gambar 20 merupakan spektrum karakteristik *graphene* menggunakan LAS dengan variasi waktu 30 menit dengan panjang gelombang 259,5 nm didapatkan E_g sebesar 4.7816 eV. Sedangkan Gambar 21 menunjukkan hasil karakterisasi *graphene* tanpa LAS pada variasi waktu 30 menit dengan panjang gelombang 217,0 nm didapatkan E_g sebesar 5.7181 eV. Sehingga terdapat perbedaan antara keduanya, dimana *graphene* tanpa LAS memiliki E_g yang lebih tinggi dibandingkan dengan *graphene* menggunakan LAS.



Gambar 22. Perbandingan spektrum absorbansi *graphene* menggunakan LAS dengan variasi waktu.



Gambar 23. Perbandingan spektrum absorbansi *graphene* tanpa LAS dengan variasi waktu.

Tabel 1. Perbandingan panjang gelombang terhadap Energi *Gap* (E_g) hasil karakterisasi UV-Vis.

<i>Graphene</i> dengan LAS			<i>Graphene</i> tanpa LAS		
t (menit)	panjang gelombang (m)	Energi <i>Gap</i> (eV)	t (menit)	panjang gelombang (m)	Energi <i>Gap</i> (eV)
10	$242,500 \times 10^{-9}$	5.1168	10	$204,500 \times 10^{-9}$	6.0676
20	$244,000 \times 10^{-9}$	5.0853	20	$216,500 \times 10^{-9}$	5.7313
30	$259,500 \times 10^{-9}$	4.7816	30	$217,000 \times 10^{-9}$	5.7181

Gambar 22 dan Gambar 23 menunjukkan bahwa semakin lama variasi waktu yang digunakan, puncak panjang gelombang menuju ke arah yang lebih besar. Tabel 1 memberikan informasi dari karakterisasi spektrofotometer UV-Vis dari ke-enam sampel tersebut. Puncak terjadi pada panjang gelombang 200 - 400 nm yang merupakan karakterisasi dari *graphene* atau *graphene oxide* menggunakan metode LE (Shuai, 2014). Tabel 1 menunjukkan bahwa *graphene* yang disintesis dengan LAS memiliki E_g lebih rendah dibandingkan dengan *graphene* tanpa LAS. Hal ini menunjukkan bahwa *graphene* dengan LAS telah mengalami pengelupasan dengan metode LME. Hal ini juga menunjukkan semakin besar panjang gelombang, E_g yang dihasilkan semakin kecil. Hal ini sesuai dengan teori bahwa panjang gelombang berbanding terbalik dengan E_g .

C. Hasil Karakterisasi XRD

Pengujian XRD dilakukan untuk mengetahui struktur kristal dari lapisan yang terbentuk. Karakterisasi menggunakan sumber Cu dengan panjang gelombang (λ) adalah $1,54060 \text{ \AA}$ serta range 2θ yang digunakan yaitu $10^\circ - 110^\circ$. Data hasil pengujian XRD berupa spektrum XRD yang menyatakan hubungan antara sudut hamburan (2θ) dengan intensitas (I) puncak spektrum. Apabila material yang diuji tersebut kristal maka pada grafik XRD muncul banyak *peak*. Namun apabila *peak* yang dimaksud tidak ada, maka dapat dipastikan material tersebut adalah *amorf*.

Prinsip kerja XRD adalah apabila sinar-X monokromatis mengenai material yang berupa kristal maka setiap bidang kristal tersebut memantulkan

atau menghamburkan sinar-X ke segala arah. Namun karena interferensinya hanya sinar-sinar pantul sefase maka hanya akan terdapat pantulan sinar-X kearah tertentu saja. Pemantulan dan inteferensi tersebut tergabung menjadi difraksi.

Diketahui bahwa kristal yang terbentuk merupakan kristal dengan sistem kristal heksagonal. Sistem kristal heksagonal memiliki parameter kisi $a = b \neq c$, $\alpha = \beta = 90^\circ$, $\gamma = 120^\circ$. Data analisis XRD dibandingkan dengan JCPDS untuk mengetahui nilai indeks miller (hkl) pada puncak-puncak difraksi yang terbentuk pada difaktogram. Data XRD sampel dengan JCPDS ditunjukkan pada Tabel 2 sebagai berikut :

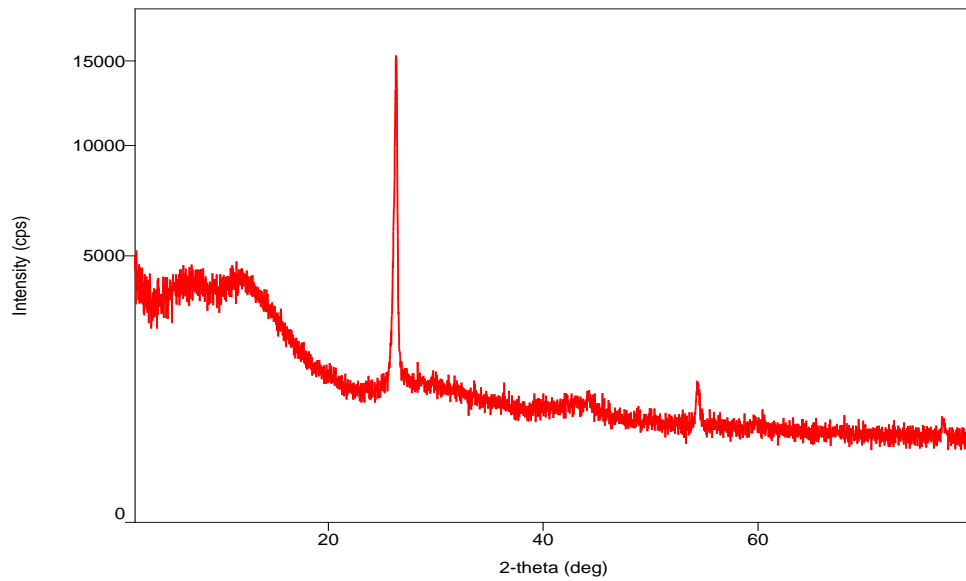
Tabel 2. Perbandingan hasil XRD dengan data JCPDS.

2 θ (°)		
Data penelitian	Data JCPDS	hkl
2.32	2.317	001
5.4	5.37	002
7.41	7.42	002
20.9142	20.914	022
23.6055	23.6044	022
26.418	26.399	221
42.31	42.33	100
44.28	44.45	101
54.505	54.5	211
59.576	59.575	111
77.2026	77.214	003

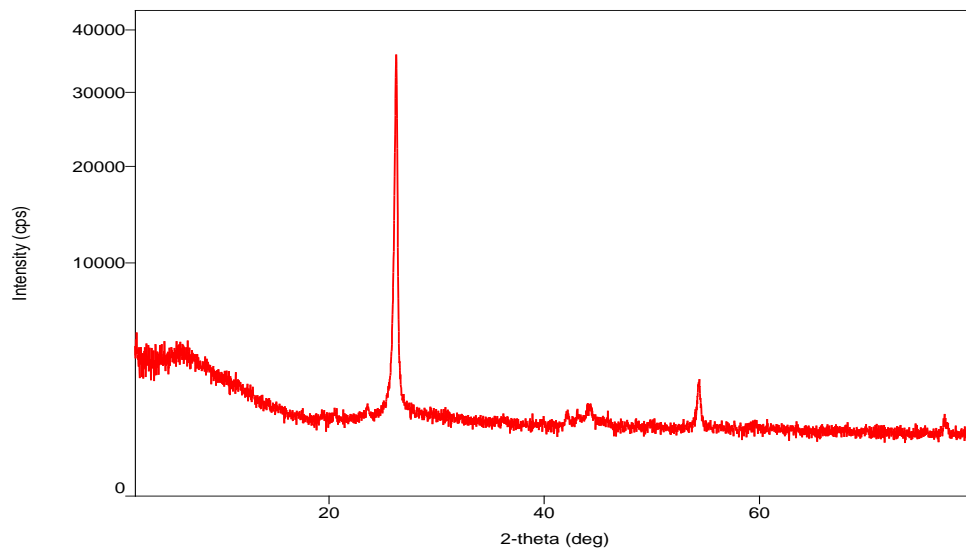
Setelah diketahui indeks millernya (hkl), parameter kisi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$a = \frac{\lambda}{\sqrt{3} \sin \theta} \sqrt{h^2 + hk + k^2} \qquad c = \frac{\lambda}{2 \sin \theta} l$$

Pola difraksi sinar-X *graphene*, berupa difaktogram dapat dilihat pada gambar di bawah ini :

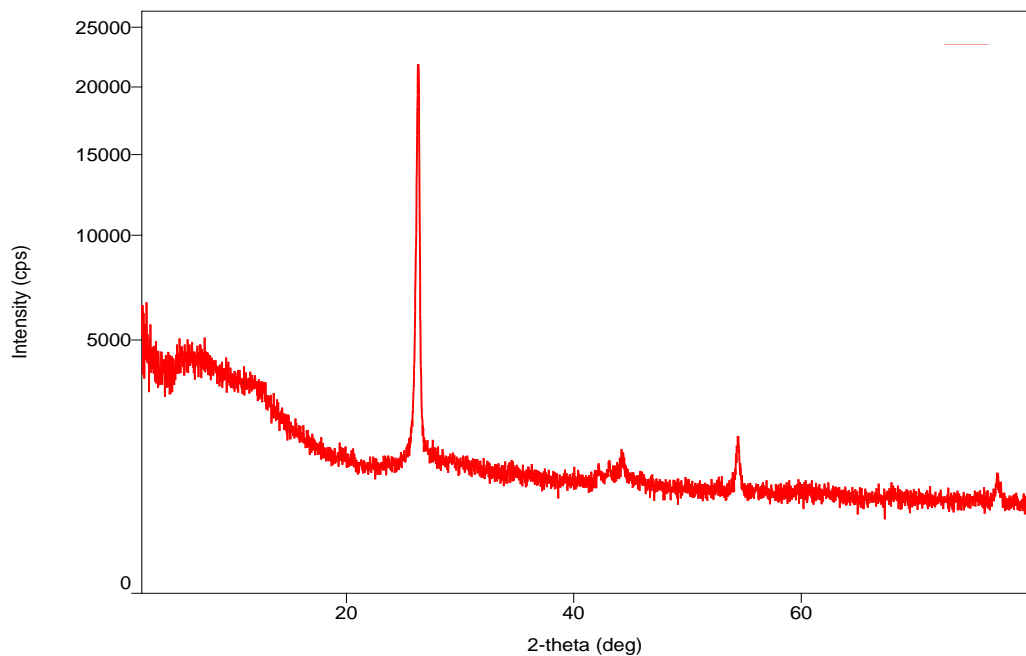


Gambar 24. Difaktogram XRD *graphene* menggunakan LAS dengan variasi waktu 10 menit.



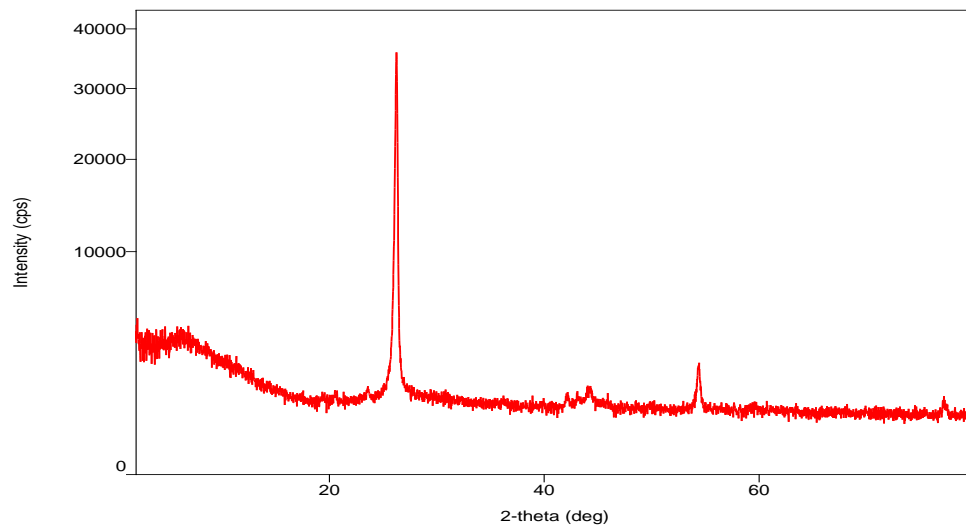
Gambar 25. Difaktogram XRD *graphene* tanpa LAS dengan variasi waktu 10 menit

Dari Gambar 24 hasil XRD *graphene* menggunakan LAS dengan variasi waktu 10 menit menunjukkan sudut $2\theta = 26,404^\circ$ dengan d_{hkl} (221) membentuk struktur kristal heksagonal. Nilai parameter kisi $a = 0,23601$ nm dan $c = 0,37044$ nm. Gambar 25 hasil XRD *graphene* tanpa LAS dengan variasi waktu 10 menit menunjukkan sudut $2\theta = 26,387^\circ$ dengan d_{hkl} (221) membentuk struktur kristal heksagonal. Nilai parameter kisi $a = 0,23611$ nm dan $c = 0,37032$ nm.

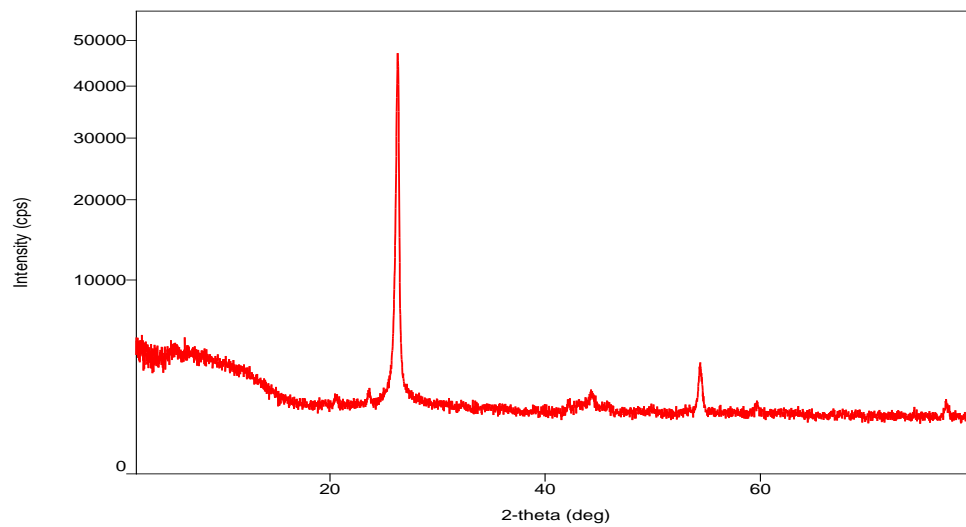


Gambar 26. Difaktogram XRD *graphene* menggunakan LAS dengan variasi waktu 20 menit.

Dari Gambar 26 hasil XRD *graphene* menggunakan LAS dengan variasi waktu 20 menit menunjukkan sudut $2\theta = 26,418^\circ$ dengan d_{hkl} (221) membentuk struktur kristal heksagonal. Nilai parameter kisi $a = 0,23601$ nm dan $c = 0,37039$ nm.



Gambar 27. Difaktogram XRD *graphene* menggunakan LAS dengan variasi waktu 30 menit.



Gambar 28. Difaktogram XRD *graphene* tanpa LAS dengan variasi waktu 30 menit

Gambar 27 hasil XRD *graphene* menggunakan LAS dengan variasi waktu 30 menit menunjukkan sudut $2\theta = 26,42^\circ$ dengan d_{hkl} (221) membentuk struktur kristal heksagonal. Nilai parameter kisi $a = 0,23450$ nm dan $c = 0,37026$ nm. Dari Gambar 28 hasil XRD *graphene* tanpa LAS dengan variasi waktu 30 menit menunjukkan sudut $2\theta = 26,437^\circ$ dengan d_{hkl} (221) membentuk struktur kristal heksagonal. Nilai parameter kisi $a = 0,23580$ nm dan $c = 0,37016$ nm.

Tabel 2 memberikan informasi hasil XRD dari ke-lima sampel tersebut. Puncak – puncak yang dihasilkan dari pengujian XRD untuk setiap sampel dengan perlakuan berbeda akan memiliki hasil yang berbeda. Ke-lima grafik di atas menunjukkan bahwa material tersebut adalah kristal. Sedangkan *graphene* yang terbentuk merupakan kristal dengan sistem kristal heksagonal. Data hasil karakterisasi XRD dengan variasi waktu terlampir pada lampiran.

Tabel 3. Tabel struktur kristal dan parameter kisi hasil karakterisasi XRD.

t (menit)	<i>graphene</i>	a (nm)	c (nm)	struktur kristal
10	dengan LAS	0,23601	0,37044	heksagonal
	tanpa LAS	0,23611	0,37032	heksagonal
20	dengan LAS	0,23601	0,37039	heksagonal
30	dengan LAS	0,23450	0,37026	heksagonal
	tanpa LAS	0,23580	0,37016	heksagonal

Dari Tabel 3 dapat diketahui nilai parameter kisi untuk struktur kristal heksagonal yaitu $a = 0,235686$ nm dan $c = 0,370314$ nm. Nilai parameter kisi dari sampel sesuai dengan teori dimana $a = b \neq c$, $\alpha = \beta = 90^\circ$, $\gamma = 120^\circ$.

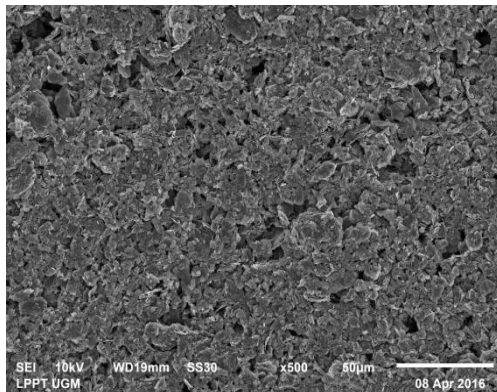
D. Hasil Karakterisasi SEM

SEM digunakan untuk mengetahui morfologi permukaan bahan. Karakteristik sampel menggunakan SEM dimanfaatkan untuk melihat struktur topografi permukaan, ukuran butiran, cacat struktural, dan komposisi suatu sampel. Pada penelitian ini, sampel yang di analisis dengan SEM adalah *graphene* menggunakan LAS dengan variasi waktu 20 menit.

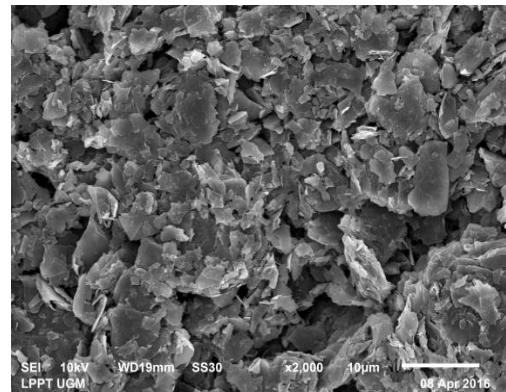
Bentuk morfologi dari permukaan *graphene* diperoleh dari penangkapan dan pengolahan elektron sekunder yang dipancarkan dari material *graphene* tersebut. Karakterisasi ini di analisis menggunakan SEM. Hasil dari SEM berupa foto permukaan dari *graphene*. Gambar 29 menunjukkan hasil karakterisasi sampel dengan perbesaran 500X, 2000X, 5000X, dan 10000X.

Gambar 29 menunjukkan perbesaran (a) 500X seperti bunga-bunga kecil dan mneggumpal. Pada Gambar 29 (b) terlihat berupa lembaran – lembaran *graphene* yang tidak teratur. Gambar 29 (c) terlihat lebih jelas dengan perbesaran 5000X, terlihat lembaran *graphene* berupa *flakes*, menyebar, dan .bertumpuk – tumpuk. Ukuran lembaran yang ditunjukkan berkisar 1.2 mikrometer sampai 3,4 mikrometer. Gambar 29 (d) terlihat lebih jelas dengan perbesaran 10000 kali.

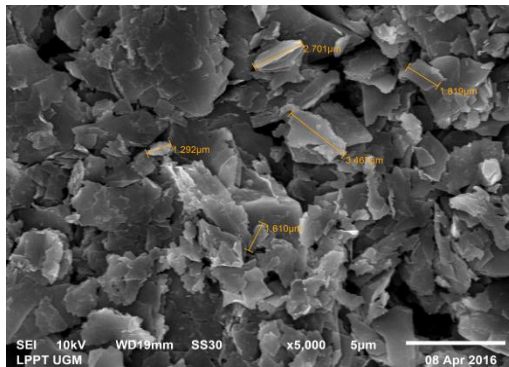
Gambar 29 merupakan *graphene* dengan morfologi berupa *flakes*, menyebar, dan .bertumpuk – tumpuk, dengan ukuran dalam skala mikrometer. Selain untuk melihat morfologi dari material yang dikarakterisasi dengan SEM, SEM juga memiliki fungsi lain, yaitu mengetahui komposisi, dengan mendapatkan informasi mengenai data kuantitatif unsur dan senyawa yang terkandung di dalam sampel.



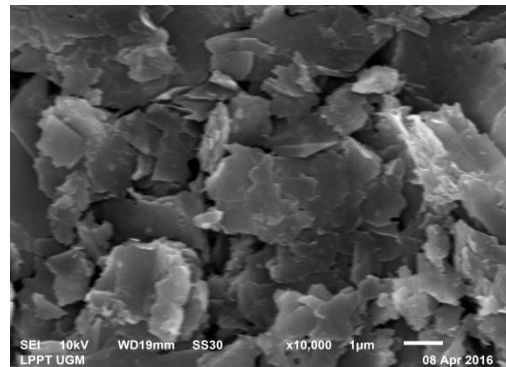
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 29. Foto morfologi *graphene* dibantu oleh LAS dengan perbesaran

(a) 500X, (b)2000X, (c)5000X, dan (d)10000X.

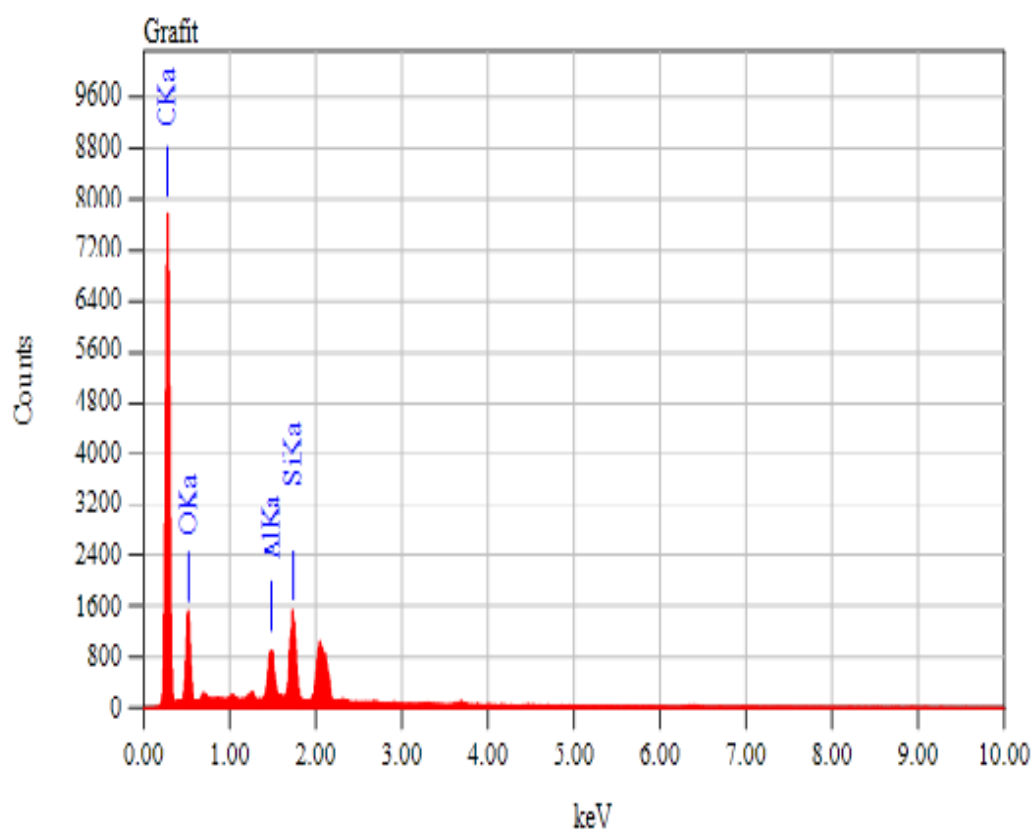
E. Hasil Karakterisasi EDAX

EDAX merupakan instrument yang digunakan untuk menentukan komposisi kimia suatu bahan. Sistem analisis EDAX bekerja sebagai fitur yang terintegrasi dengan SEM dan tidak dapat bekerja tanpa SEM. Prinsip kerja dari teknik ini adalah menangkap dan mengolah sinyal *fluoresensi* sinar-X yang keluar apabila berkas elektron mengenai daerah tertentu pada bahan (*specimen*). Sinar-X

tersebut dapat dideteksi dengan detector zat padat, yang dapat menghasilkan pulsa intensitas sebanding dengan panjang gelombang sinar-X.

Data karakterisasi EDAX berupa spektrum yang menunjukkan hubungan antara energi dengan intensitas. Spektrum ini dihasilkan dari penembakan berkas elektron pada sampel. Berkas elektron tersebut akan menyebabkan eksistensi dan ionisasi sehingga atom-atom pada target tidak stabil. Untuk kembali stabil, maka dilepaskan sejumlah energi agar elektron dapat kembali pada keadaan *groundstate*. Energi yang dilepaskan diantaranya adalah sinar-X. Setiap atom memiliki tingkat energi tertentu untuk masing-masing orbit elektronnya, sehingga energi sinar-X juga mempunyai nilai tertentu (karakteristik). Energi karakteristik sinar-X inilah yang menunjukkan komposisi kimia yang terkandung dalam *graphene*.

Dari hasil karakterisasi EDAX pada gambar 30, diketahui unsur karbon berasal dari pensil 2B dan merupakan unsur paling besar yang terdapat pada sampel yaitu sebesar 77.68 %. Unsur oksigen sebesar 17.27% yang menunjukkan terdapatnya *graphene oxide*.



ZAF Method Standardless Quantitative Analysis
 Fitting Coefficient : 0.1738

Element	(keV)	Mass%	Sigma	Atom%	Compound	Mass%	Cation	K
C K	0.277	68.99	0.16	77.58				64.2812
O K*	0.525	20.40	0.20	17.27				10.4406
Al K*	1.486	3.51	0.07	1.76				5.2389
Si K*	1.739	7.05	0.09	3.39				11.0312
Total		100.00		100.00				

Gambar 30. Grafik hubungan antara intensitas dengan energi hasil karakterisasi EDAX nanomaterial *graphene* menggunakan metode LME dibantu oleh LAS dengan variasi waktu 20 menit.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dari hasil analisis data dan pembahasan di atas, maka dalam penelitian ini dapat diperoleh kesimpulan, diantaranya:

1. Dari hasil karakterisasi spektrofotometer UV-Vis dengan variasi waktu pencampuran, menunjukkan bahwa semakin besar panjang gelombang, E_g yang dihasilkan semakin kecil. Hal ini sesuai dengan teori bahwa panjang gelombang berbanding terbalik dengan E_g .
2. Melalui karakterisasi XRD terhadap variasi waktu pencampuran muncul *peak* pada hasil difraktogram sinar-X. Munculnya *peak* menunjukkan bahwa *graphene* yang dihasilkan adalah kristal. Dan diketahui struktur kristal dari material tersebut adalah heksagonal dengan parameter kisi $a = 0.235686$ nm dan $c = 0.370314$ nm.
3. Dari hasil karakterisasi SEM dengan variasi waktu pencampuran 20 menit, diketahui morfologi dari sampel menghasilkan *graphene* berbentuk *flakes*, menyebar, dan bertumpuk – tumpuk dengan ukuran $(1.292 - 3.467)$ μm serta karakterisasi menggunakan EDAX menunjukkan presentase kandungan karbon sebesar 77.68% dan oksigen sebesar 17.27%.

B. Saran

Setelah terselesaikannya penelitian ini, terdapat saran yang perlu diperhatikan bagi penelitian selanjutnya. Beberapa saran tersebut adalah

1. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memvariasi waktu yang lebih banyak agar menghasilkan data yang lebih baik.
2. Melakukan karakterisasi SEM dan EDAX menggunakan *graphene* tanpa LAS agar dapat membandingkan morfologi permukaan dan komposisi unsur dari *graphene* menggunakan LAS.
3. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dengan variasi banyaknya pemberian surfaktan pada sampel.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Menghitung besarnya Energi *Gap* dari karakterisasi UV-Vis dengan persamaan *Planck*.

$$E_g = h \cdot \nu \quad \text{atau} \quad E_g = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

graphene dengan LAS

t (menit)	<i>h</i> (J.s)	<i>c</i> (m/s)	λ (nm)	abs.	λ (m)	E _g (J)	E _g (eV)
10	6.626E-34	3E+08	248.5	1.598	2.485E-07	7.9992E-19	4.9933
	6.626E-34	3E+08	247.0	1.582	2.47E-07	8.0478E-19	5.0236
	6.626E-34	3E+08	242.5	1.61	2.425E-07	8.1971E-19	5.1168
20	6.626E-34	3E+08	273.5	1.637	2.735E-07	7.268E-19	4.5368
	6.626E-34	3E+08	252.5	1.877	2.525E-07	7.8725E-19	4.9142
	6.626E-34	3E+08	244.0	1.88	2.44E-07	8.1467E-19	5.0853
30	6.626E-34	3E+08	259.5	2.782	2.595E-07	7.6601E-19	4.7816
	6.626E-34	3E+08	206.0	2.048	2.06E-07	9.6495E-19	6.0234

graphene tanpa LAS

t (menit)	<i>h</i> (J.s)	<i>c</i> (m/s)	λ (nm)	abs.	λ (m)	E _g (J)	E _g (eV)
10	6.626E-34	3E+08	204.5	1.733	2.045E-07	9.7203E-19	6.0676
20	6.626E-34	3E+08	216.5	1.982	2.165E-07	9.1815E-19	5.7313
30	6.626E-34	3E+08	217.0	2.986	2.17E-07	9.1604E-19	5.7181

Lampiran 2. Menghitung parameter kisi dan menentukan struktur kristal dari *graphene*.

Jarak antar bidang untuk struktur heksagonal.

$$\frac{1}{d^2} = \frac{4}{3} \left(\frac{h^2 + hk + k^2}{a^2} \right) + \frac{l^2}{c^2} = \frac{4 \sin^2 \Theta}{\lambda^2}$$

$$\sin^2 \Theta = \frac{\lambda^2}{4} \left[\frac{4}{3} \left(\frac{h^2 + hk + k^2}{a^2} \right) + \frac{l^2}{c^2} \right]$$

Menghitung parameter kisi

- a. Menentukan *hkl* dengan melihat data JCPDS
- b. Menghitung parameter kisi *a* dengan menganggap *hkl* = *hk0*

$$a = \frac{\lambda}{\sqrt{3} \sin \theta} \sqrt{h^2 + hk + k^2}$$

- c. Menghitung parameter kisi *c* dengan menganggap *hkl* = *00l*

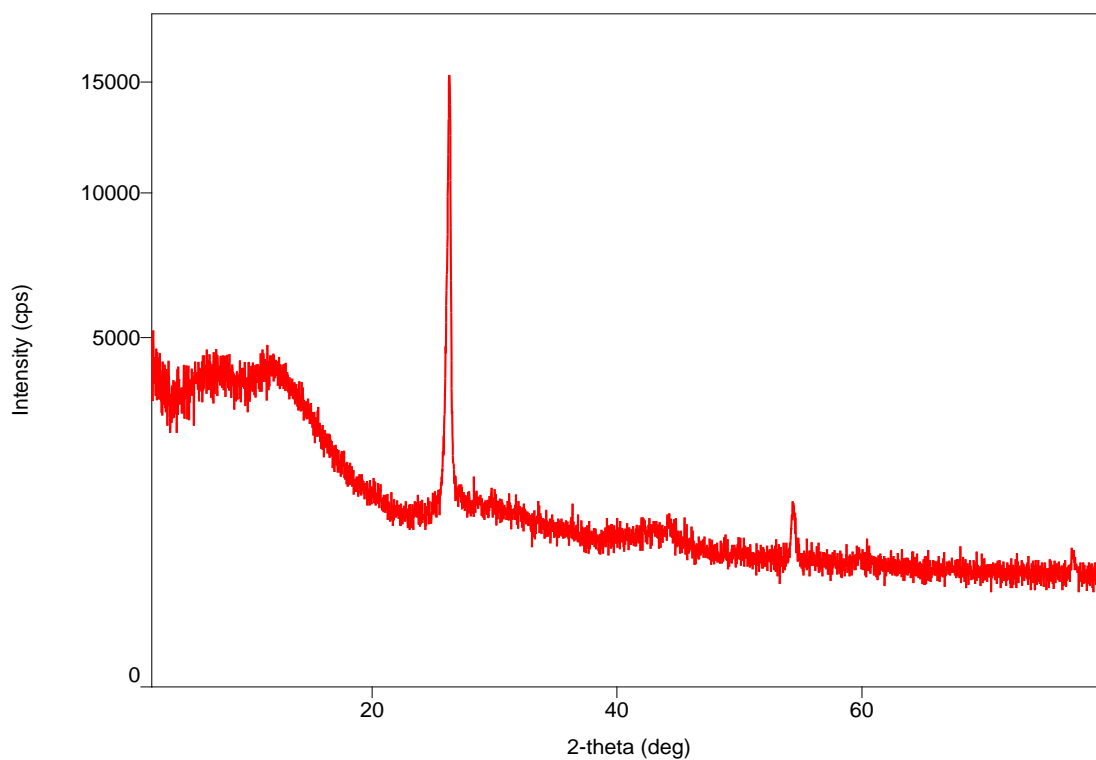
$$c = \frac{\lambda}{2 \sin \theta} l$$

- d. Menghitung *A* dan *C*

$$A = \frac{\lambda^2}{3a^2} \text{ dan } C = \frac{\lambda^2}{4c^2}$$

1. V₂ 10 menit *graphene* menggunakan LAS

Measurement profile



Peak list

No.	2-theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)	FWHM(deg)	Int. I(cps deg)	Int. W(deg)	Asym. factor
1	26.387(5)	3.361	1481(246)	0.276(7)	3319(28)	0.225(15)	3.7(6)
2	44.28(4)	2.0308(12)	166(59)	0.221(7)	326(19)	0.14(8)	2.9(15)
3	54.29(4)	1.6761(4)	509(95)	0.32(4)	198(12)	0.38(2)	0.4(3)
4	77.19(3)	1.23358	68.6613	0.8(2)	331(12)	0.4912241	1.1(9)

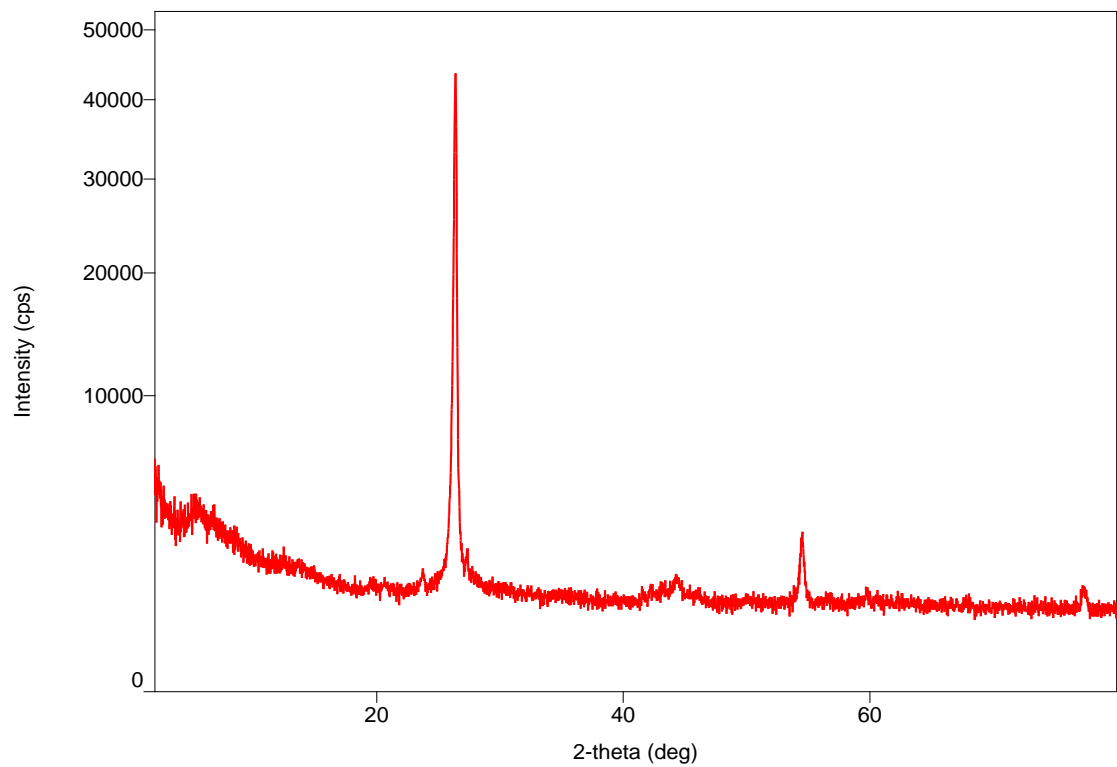
2θ (°)	θ (°)	hkl	h	k	l	$h^2 + k^2 + l^2$	$h^2 + hk + k^2$	λ (nm)	sin θ (°)
26.387	13.1935	221	2	2	1	9	12	0.154056	0.22824
44.28	22.14	101	1	0	1	2	1	0.154056	0.37687
54.29	27.145	211	2	1	1	6	7	0.154056	0.45624
77.19	38.595	003	0	0	3	9	0	0.154056	0.62381

a (nm)	c (nm)	A	C
0.23601	0.37044	0.142032	0.043238

Struktur kristal = heksagonal.

2. V₂ 10 menit *graphene* tanpa LAS

Measurement profile



Peak list

No.	2-theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)	FWHM(deg)	Int. I(cps deg)	Int. W(deg)	Asym. factor
1	2.32(11)	10.6(3)	396(63)	0.98(16)	668(111)	0.954(4)	1.11(5)
2	26.404(5)	3.378(6)	25054(492)	0.566(4)	10001(64)	0.33698	2.2(2)
3	44.26(3)	2.0312(12)	258(59)	0.22(7)	106(19)	0.22(8)	0.9(15)
4	54.33(2)	1.6812(6)	3408(108)	0.28(2)	551(18)	0.39(3)	2.3(8)
5	77.2192	1.23361	134.885	0.245811	331(12)	0.13(8)	2.01974

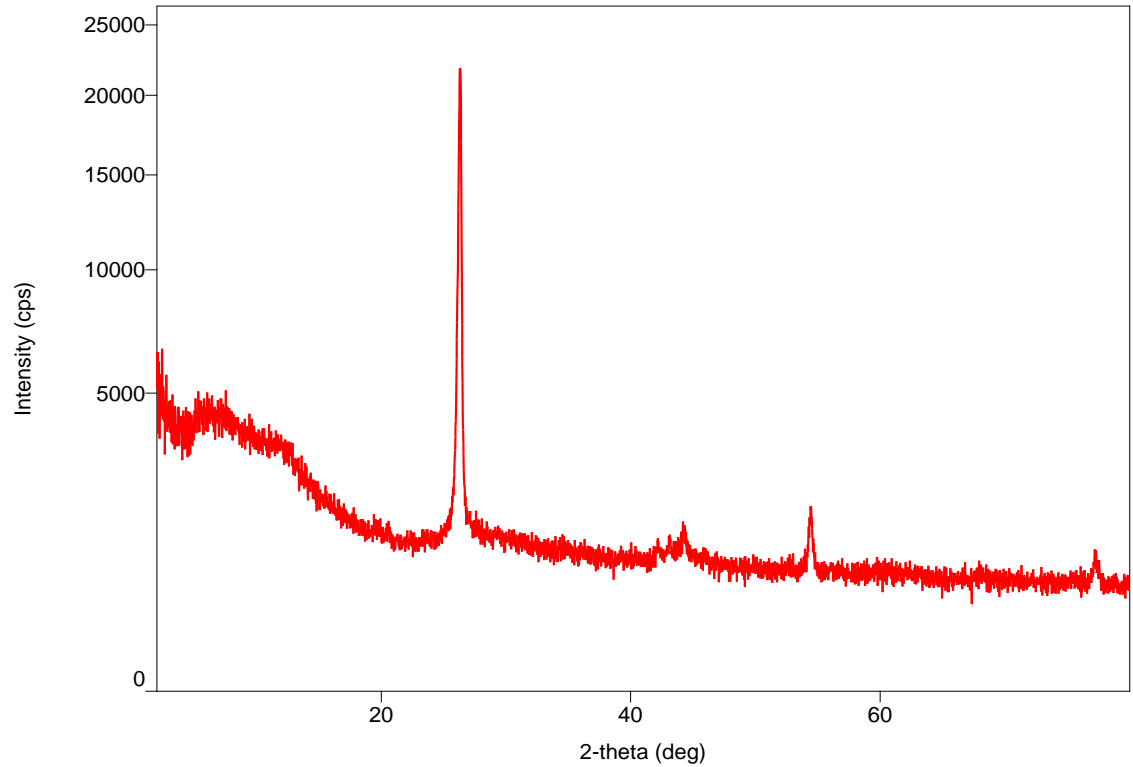
2θ (°)	θ (°)	hkl	h	k	l	$h^2 + k^2 + l^2$	$h^2 + hk + k^2$	λ (nm)	sin θ (°)
2.32	1.16	001	0	0	1	1	0	0.154056	0.02024
26.404	13.202	221	2	2	1	9	12	0.154056	0.22838
44.26	22.13	101	1	0	1	2	1	0.154056	0.37671
54.33	27.165	211	2	1	1	6	7	0.154056	0.45655
77.2192	38.6096	003	0	0	3	9	0	0.154056	0.62401

a (nm)	c (nm)	A	C
0.23611	0.37032	0.14191	0.043265

Struktur kristal = heksagonal.

3. V₂ 20 menit graphene menggunakan LAS

Measurement profile



Peak list

No.	2-theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)	FWHM(deg)	Int. I(cps deg)	Int. W(deg)	Asym. factor
1	7.41(9)	1.7(3)	466(23)	0.02(11)	793(112)	0.6(2)	0.9(4)
2	26.418(5)	3.3801(6)	19216(346)	0.221(4)	5282(33)	0.331(11)	2.5(3)
3	42.18(4)	1.3602(11)	521(50)	0.19(12)	271(24)	0.86(2)	2.9(13)
4	44.28(4)	2.0409(12)	212(44)	0.34(14)	106 (24)	0.2(3)	4.201(5)
5	54.505(17)	1.6832 (4)	853(79)	0.37(2)	255(13)	0.37(6)	3.9(9)
6	77.2026	1.23511	124.765	0.259691	117.906	0.70121	3.34192

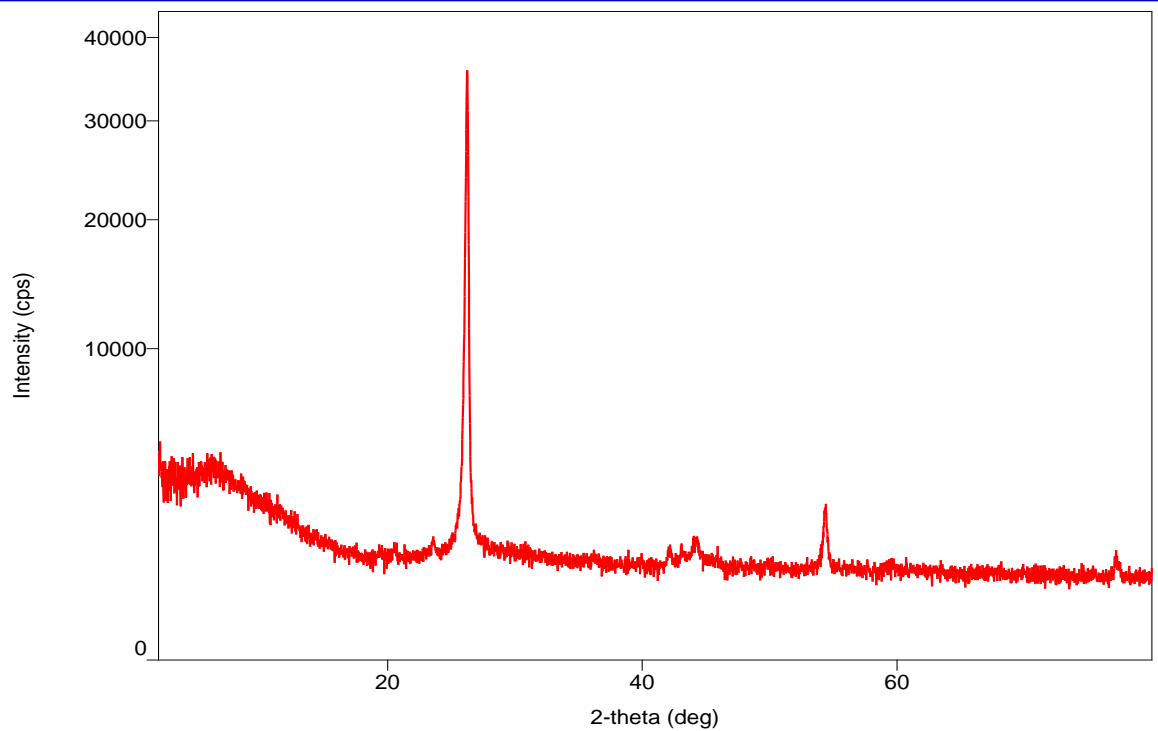
2θ (°)	θ (°)	hkl	h	k	l	h² + k² + l²	h² + hk + k²	λ (nm)	sin θ (°)
7.41	3.705	002	0	0	2	4	0	0.154056	0.06462
26.418	13.209	221	2	2	1	9	12	0.154056	0.2285
42.18	21.09	100	1	0	0	1	1	0.154056	0.35983
44.28	22.14	101	1	0	1	2	1	0.154056	0.37687
54.505	27.2525	211	2	1	1	6	7	0.154056	0.45791
77.2026	38.6013	003	0	0	3	9	0	0.154056	0.6239

a (nm)	c (nm)	A	C
0.23601	0.37039	0.142031	0.04325

Struktur kristal = heksagonal.

4. V₂ 30 menit *graphene* menggunakan LAS

Measurement profile



Peak list

No.	2-theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)	FWHM(deg)	Int. I(cps deg)	Int. W(deg)	Asym. factor
1	5.4(4)	15.8(8)	156(40)	1.64(4)	366(110)	2.71(10)	0.53(6)
2	26.421(5)	3.391(6)	28338(443)	0.248(3)	7818(47)	0.358(9)	2.8(2)
3	42.31(4)	2.4801(19)	324(44)	0.258(6)	199(13)	0.44(8)	1.89(3)
4	44.58(3)	2.0412(12)	311(50)	0.29(12)	271(24)	0.76(2)	2.2(13)
5	54.521(17)	1.6891(11)	1116(121)	0.26(2)	414(12)	0.57(3)	1.4(4)
6	77.2331	1.23624	3401(55)	0.24(4)	107(12)	0.53(8)	0.2(9)

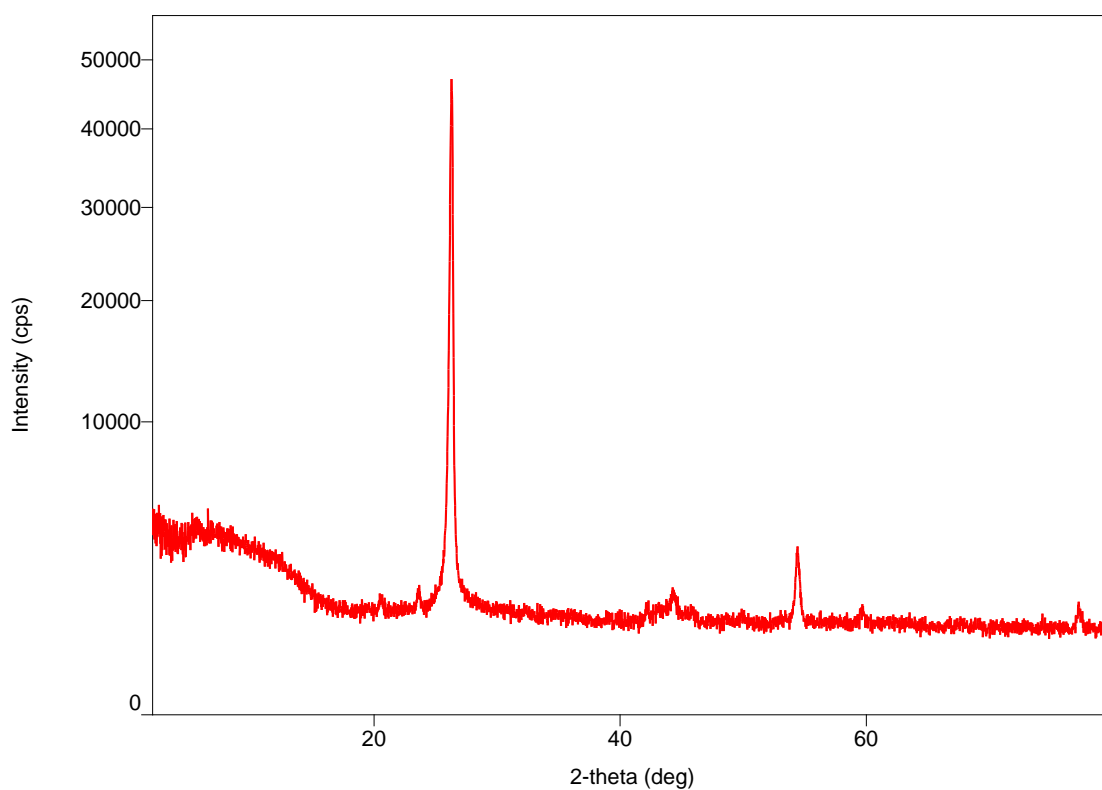
$2\theta (^{\circ})$	$\theta (^{\circ})$	hkl	h	k	l	$h^2 + k^2 + l^2$	$h^2 + hk + k^2$	$\lambda \text{ (nm)}$	$\sin \theta (^{\circ})$
5.4	2.7	002	0	0	2	4	0	0.154056	0.04711
26.421	13.2105	221	2	2	1	9	12	0.154056	0.22853
42.31	21.155	100	1	0	0	1	1	0.154056	0.36089
44.58	22.29	101	1	0	1	2	1	0.154056	0.37929
54.521	27.2605	211	2	1	1	6	7	0.154056	0.45804
77.2331	38.6166	003	0	0	3	9	0	0.154056	0.62411

$a \text{ (nm)}$	$c \text{ (nm)}$	A	C
0.2345	0.37026	0.143864	0.043279

Struktur kristal = heksagonal.

5. V₂ 30 menit *graphene* tanpa LAS

Measurement profile



Peak list

No.	2-theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)	FWHM(deg)	Int. I(cps deg)	Int. W(deg)	Asym. factor
1	20.9142	4.24407	128.978	0.2692	71.3896	0.553503	2.28119
2	23.6055	3.76594	7.13515	0.2692	147.072	20.61229	2.28119
3	26.437(5)	3.404(6)	31264(510)	0.269(3)	11219(64)	0.359(8)	2.28(18)
4	44.32(3)	2.0601(12)	367(55)	0.64(13)	458(32)	1.2(3)	1.6(13)
5	54.695(13)	1.693(11)	1716(120)	0.265(14)	691(16)	0.40(4)	2.7(6)
6	59.576	1.55054	51.5242	0.2692	104.352	2.025304	2.28119
7	77.26(4)	1.23874	442(61)	0.24(3)	123(13)	0.28(7)	2.0(12)

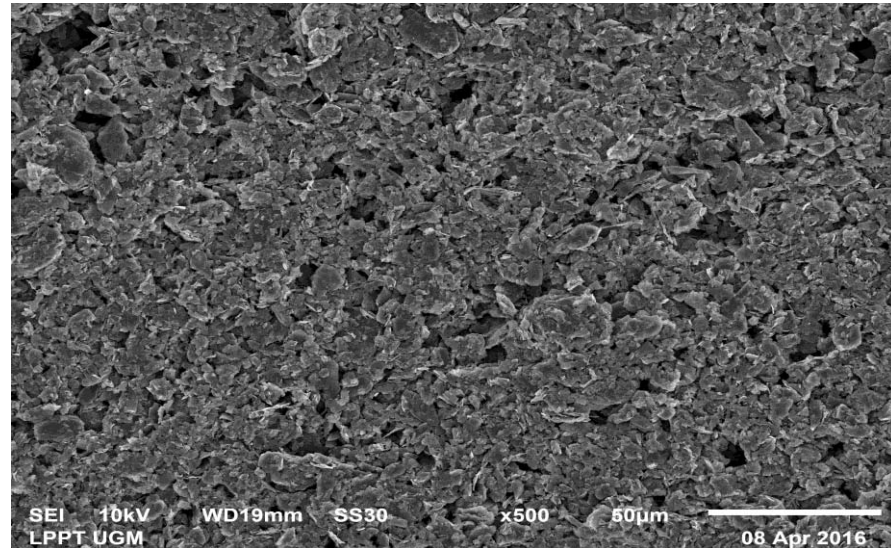
2θ (°)	θ (°)	hkl	h	k	l	$h^2 + k^2 + l^2$	$h^2 + hk + k^2$	λ (nm)	sin θ (°)
20.9142	10.4571	200	2	0	0	5	4	0.154056	0.1815
23.6055	11.8028	200	2	0	0	8	4	0.154056	0.20454
26.437	13.2185	221	2	2	1	9	12	0.154056	0.22867
44.32	22.16	101	1	0	1	2	1	0.154056	0.37719
54.695	27.3475	211	2	1	1	6	7	0.154056	0.45939
59.576	29.788	111	1	1	1	3	3	0.154056	0.49679
77.26	38.63	003	0	0	3	9	0	0.154056	0.62429

a (nm)	c (nm)	A	C
0.2358	0.37016	0.142276	0.043304

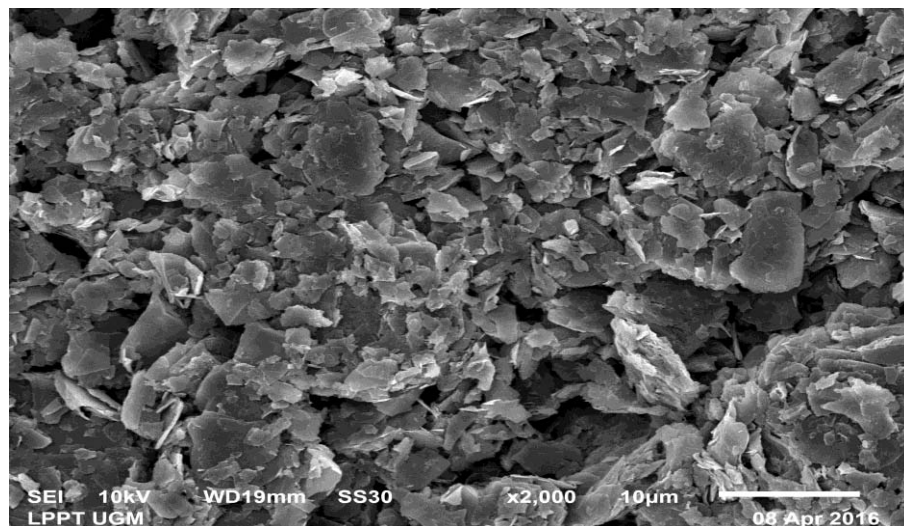
Struktur kristal = heksagonal.

Lampiran 3: Hasil karakterisasi SEM dibantu oleh LAS dengan variasi waktu
20 menit.

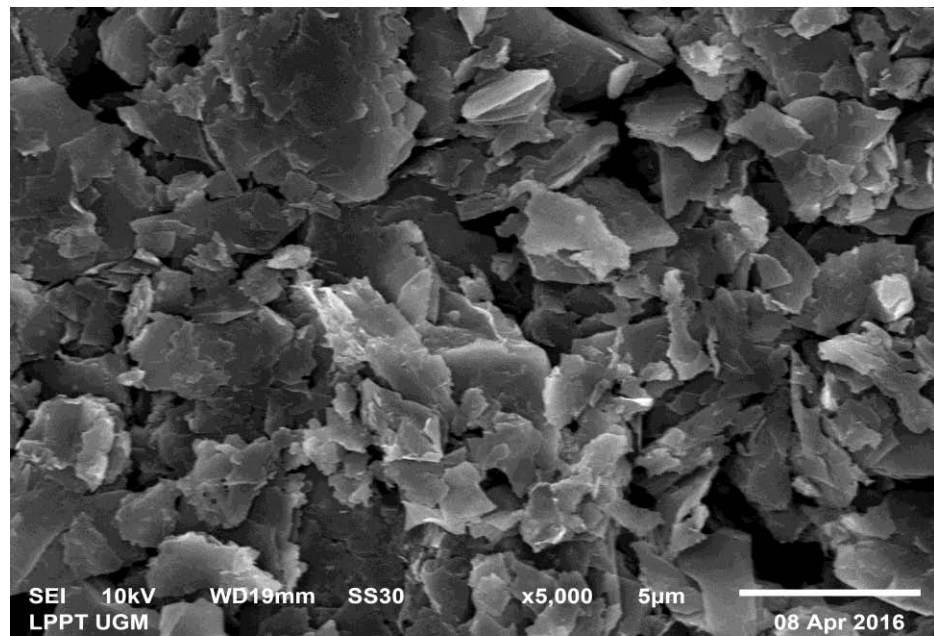
1. Perbesaran 500X.



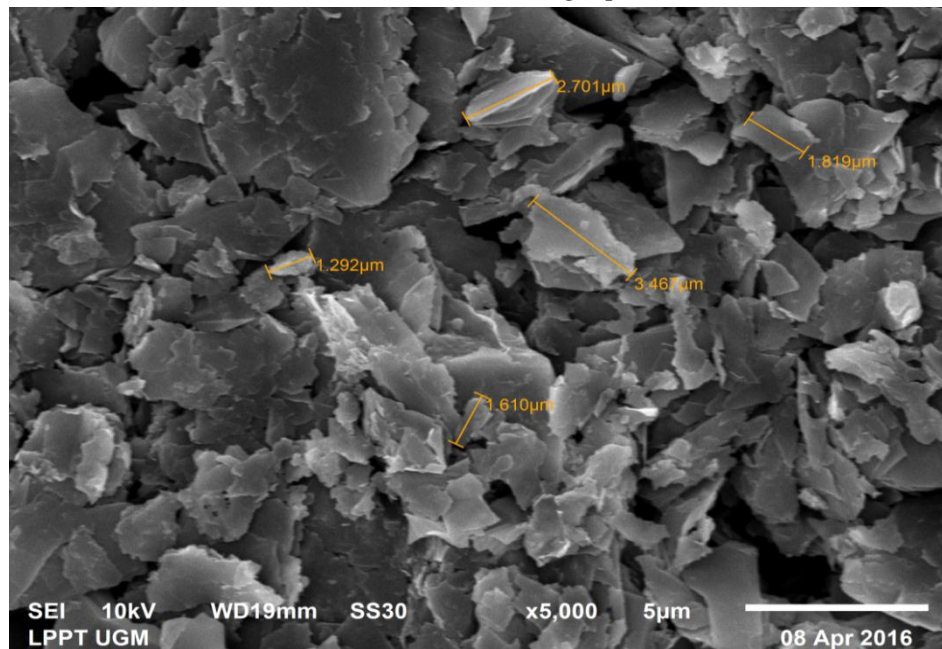
2. Perbesaran 2000X.



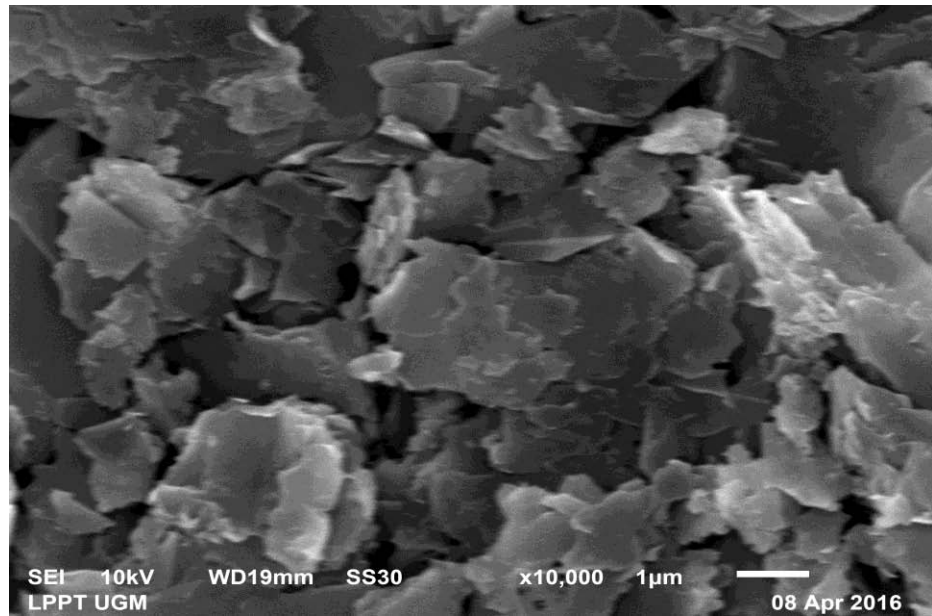
3. Perbesaran 5000X.



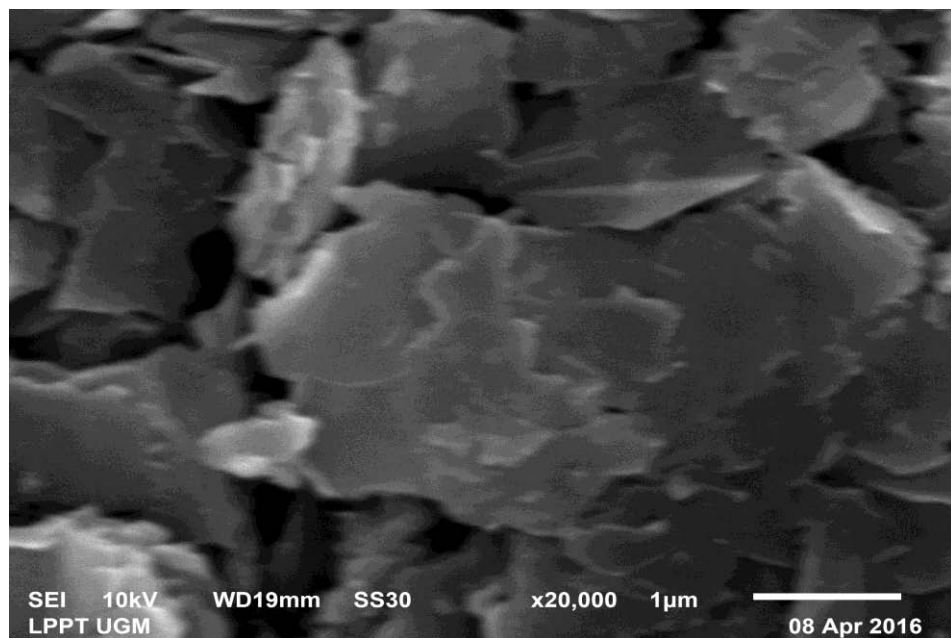
4. Perbesaran 5000X disertai ukuran lembaran *graphene*.



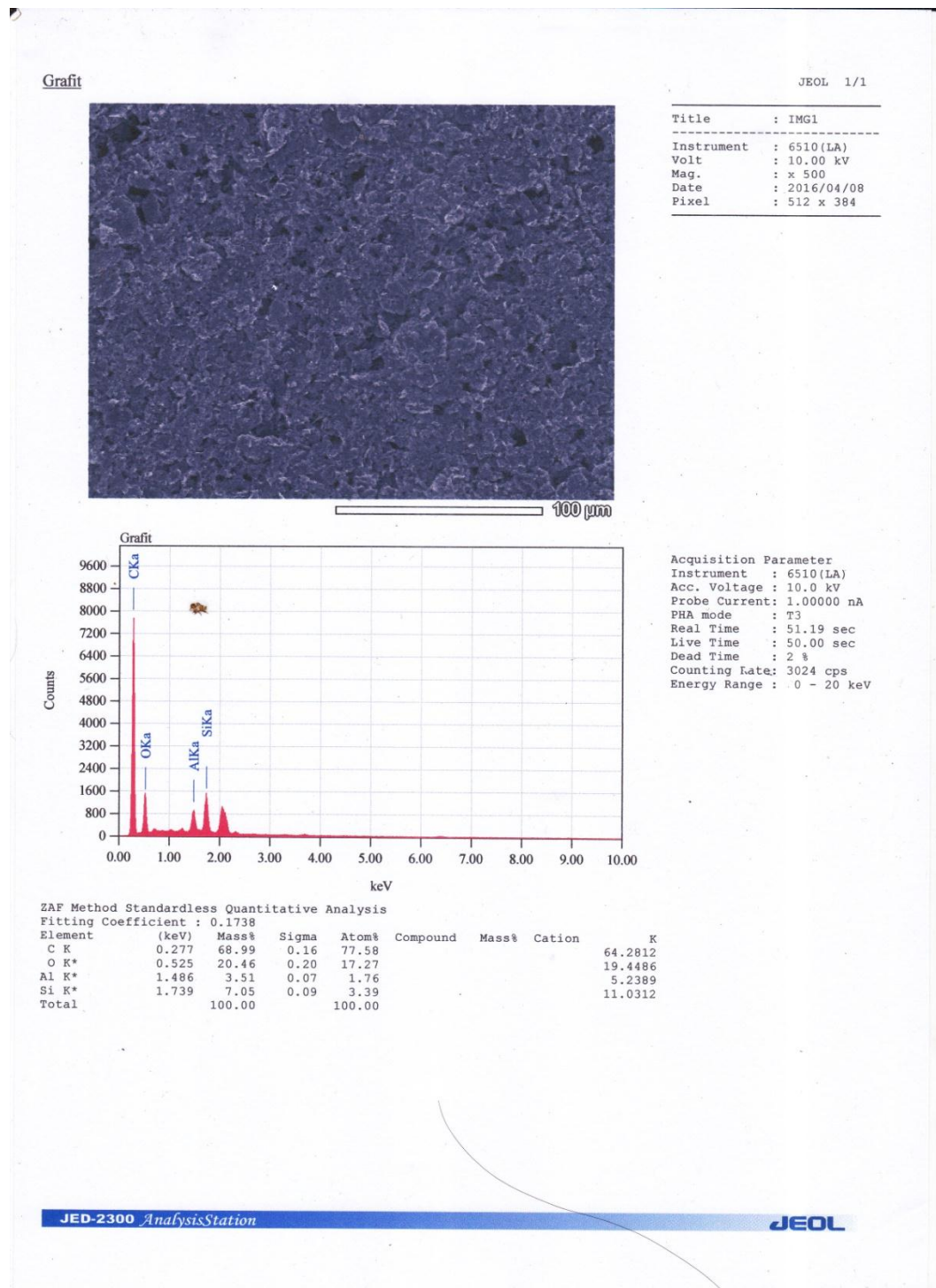
5. Perbesaran 10000X.



6. Perbesaran 20000X.



Lampiran 4: Hasil karakterisasi EDAX



Lampiran 5:

1. Mortar yang digunakan untuk menumbuk *grafite* pensil 2B.



2. Timbangan digital



3. Wadah untuk menaruh sampel.



4. Spektrofotometer UV-Vis.



5. Sampel yang telah disentrifugasi.

